INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade

Fedra Tatiana Almeida Oliveira

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em:
Engenharia do Ambiente

Júri
Presidente: Prof. José Saldanha Matos
Orientadores: Prof. António Gonçalves Henriques
Eng.ª Maria do Céu Almeida
Vogal: Prof. Rodrigo Proença de Oliveira

Setembro de 2008

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade

Fedra Tatiana Almeida Oliveira

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em:
Engenharia do Ambiente

Júri
Presidente: Prof. José Saldanha Matos
Orientadores: Prof. António Gonçalves Henriques
Eng.ª Maria do Céu Almeida
Vogal: Prof. Rodrigo Proença de Oliveira

Setembro de 2008

Resumo

O **aproveitamento de água pluvial** constitui uma medida com algum potencial para reduzir a utilização de água potável em usos onde a qualidade da água pode ser inferior.

Contudo, em virtude de ser necessário algum investimento num sistema de aproveitamento de água pluvial (**SAAP**), é de interesse avaliar, em cada situação particular, os benefícios potenciais em função da capacidade de armazenamento para sustentar a decisão de maior ou menor capacidade do sistema.

Com esta dissertação pretende-se contribuir para a promoção do aproveitamento da água pluvial em **usos urbanos não potáveis** (descarga de autoclismos, rega de jardins…) no nosso país. O objectivo principal é a elaboração de um **simulador,** de fácil utilização, que possa ser usado para a análise da **viabilidade** em instalações domésticas ou colectivas, especificamente para as condições hidrológicas portuguesas.

Neste documento apresenta-se uma síntese de aplicações e de aspectos relevantes para o aproveitamento da água pluvial após o que se procede à análise crítica com o recurso a uma abordagem SWOT.

O simulador desenvolvido destina-se a ser aplicado em diferentes regiões de Portugal Continental e permite analisar o benefício do aproveitamento de água pluvial para diferentes capacidades do SAAP. Para tal é necessário fornecer informação acerca dos usos previstos e das áreas de captação das águas pluviais.

O teste deste simulador foi efectuado para três casos de estudo**.** Esta técnica afigura-se ser economicamente mais favorável para instalações com elevados consumos e áreas de captação.

Palavras-chave: aproveitamento da água pluvial, SAAP, usos urbanos não potáveis, simulador, viabilidade

Abstract

Rainwater harvesting constitutes a measure with some potential to reduce the potable water consumption in uses where water quality can have lower standard than drinking water.

However, given that a rainwater harvesting system (**RWHS**) requires some investment, the evaluation of the potential benefits for different storage capacities allows supporting the decision on system capacity, in each particular situation, and to study different system alternatives.

This dissertation aims to contribute to the promotion of rainwater harvesting in **non-potable urban uses** (toilet flushing, watering of gardens…) in Portugal. The main objective is the development of a user friendly **simulator** which can be used in different installations for the analysis of the **viability** in domestic or collective installations, for Portuguese hydrological conditions.

In this document a synthesis of applications and of relevant aspects for the rainwater harvesting is presented, and SWOT analysis is used to elaborate a critical analysis based on the literature review.

The simulator can be applied in different regions of Portugal, allowing users to analyse the net benefit of applications of rainwater harvesting schemes for different storage capacities of RWHS. The user only needs to provide information on the planned uses and collection areas connected to the system.

The simulator was tested in three case studies. Results show that benefits of rainwater harvesting tend to be higher when installations have higher non-potable water consumption and collection areas.

Keywords: rainwater harvesting, RWHS, non-potable urban uses, simulator, viability

Agradecimentos

Eu gostaria de agradecer a todas as pessoas que de algum modo contribuíram para a elaboração da minha dissertação.

Em primeiro lugar, queria agradecer ao Prof. António Gonçalves Henriques do IST e à Eng.ª Maria do Céu Almeida do LNEC que me orientaram e sem os quais a realização deste trabalho não teria sido possível.

Gostaria, igualmente, de deixar o meu obrigado às pessoas com quem falei nas empresas que contactem, nomeadamente, ao Eng. Paulo Ceia da ABS Hidrobomba; ao Eng. Pedro Ferreira da Costa da Direcção de Infraestruturas da Força Aérea; ao Eng. Ricardo Costa da Rotoport; à Dr.ª Daniela Reigadinha da Grundfos; ao Eng. Carlos Santos Silva da Editeme, à Eng.ª Elisabete Bertolo da DHVTecnopor…

Queria, ainda, agradecer ao meu colega André Pinto e ao Eng. José Henriques que me ajudaram a testar o simulador.

Por fim, falta agradecer à minha família por todo o apoio e paciência prestados que mesmo nos piores momentos nunca deixaram de me consolar.

A todos eles devo, a realização deste grande sonho!

Índice

1 Introdução 1
1.1 Enquadramento 1
1.2 Objectivos 3
1.3 Estrutura do trabalho 3

2 Revisão bibliográfica 5
2.1 Conceito de aproveitamento de águas pluviais 5
2.2 Vantagens e desvantagens do aproveitamento das águas pluviais 6
2.3 Usos compatíveis com o aproveitamento de água pluvial 7
2.4 Síntese histórica do aproveitamento de água pluvial 8
2.5 Motivações e aplicações na actualidade 13
2.6 Legislação e normalização 20
2.7 Componentes básicos de um sistema de aproveitamento de água pluvial 22
2.8 Qualidade da água pluvial 28
2.9 Viabilidade da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial 29

3 Elaboração do simulador 33
3.1 Definição da metodologia para o desenvolvimento do simulador 33
3.2 Descrição da estrutura do simulador 33

4 Aplicação do simulador a casos de estudo 49
4.1 Casos de estudo seleccionados 49
4.2 Habitação unifamiliar em Toito, Guarda 49
4.3 Edifício de escritórios e laboratórios no LNEC, Lisboa 56
4.4 Habitação unifamiliar em Estômbar, Faro 61

5 Discussão dos resultados obtidos nos casos de estudo 69

6 Conclusões 71

Referências bibliográficas 73

Anexo A- Custos típicos para os tanques disponíveis no mercado português . 77
Anexo B- Bibliografia consultada 79
Anexo C- Apresentação das folhas de cálculo do simulador 91

Índice de figuras

Figura 2.1- Exemplos de reservatórios para armazenamento de água pluvial....6
Figura 2.2- Pedra Moabita (Wikipédia, 2007b)....8
Figura 2.3- *Abanbar* (Carlon, 2005)....9
Figura 2.4- *Chultuns* (Carlon, 2005)....9
Figura 2.5- Castelo de Tomar (Wikipédia, 2008b)....10
Figura 2.6- Eirados (Antunes *et al.*, 1988).....11
Figura 2.7- Cisterna (Santa Bárbara, Terceira) (Tostões *et al.*, 2000)....12
Figura 2.8-Sistemas de armazenamento de água pluvial existentes na Graciosa (Tostões *et al.*, 2000)....13
Figura 2.9- Formas das cisternas existentes no Pico (Tostões *et al.*, 2000)....13
Figura 2.10- Instalação típica para a captação de água pluvial (Almeida *et al.*, 2006; TWDB, 2005)....23
Figura 2.11- Esquema de um desviador de primeiro fluxo (Almeida *et al.*, 2006)....25
Figura 2.12- Exemplos de filtros disponíveis no mercado português (Ecoágua, 2007b)....26
Figura 2.13- Depósito horizontal e depósito horizontal de grande capacidade para enterrar (Rotoport, 2007)....26
Figura 3.1- Fluxograma geral do simulador com os respectivos módulos considerados....34
Figura 3.2- Folha *Excel* do simulador referente à página de rosto....35
Figura 3.3- Folha *Excel* do simulador referente às instruções do mesmo....35
Figura 3.4- Folha *Excel* do simulador referente à introdução de dados....36
Figura 3.5- A: Mapa da precipitação média anual total; B: Mapa da precipitação (n.º dias do ano) (IA, 2003)....38
Figura 3.6- Imagens da folha *Excel* do simulador referente à apresentação dos resultados....47
Figura 4.1- Esquema do SAAP no caso de estudo Toito-Guarda....50
Figura 4.2- Valores da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para o caso de estudo Toito-Guarda....51
Figura 4.3- Valores obtidos para as eficiências no caso de estudo Toito-Guarda....53
Figura 4.4- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em betão....54
Figura 4.5- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em betão....54
Figura 4.6- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em PEAD....55
Figura 4.7- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em PEAD....56
Figura 4.8- Esquema do SAAP no caso de estudo LNEC-Lisboa....57
Figura 4.9- Valores da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para o caso de estudo LNEC-Lisboa....58
Figura 4.10- Valores obtidos para as eficiências no caso de estudo LNEC-Lisboa....59
Figura 4.11- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo LNEC-Lisboa....60
Figura 4.12- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo LNEC-Lisboa....61
Figura 4.13- Esquema do SAAP no caso de estudo Faro....62
Figura 4.14- Valores da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para o caso de estudo Faro....64
Figura 4.15- Valores obtidos para as eficiências no caso de estudo Faro....65
Figura 4.16- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo Faro....66
Figura 4.17- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo Faro 66

Índice de tabelas

Tabela 2.1- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados - África 14
Tabela 2.2- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – América 15
Tabela 2.3- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Ásia 16
Tabela 2.4- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Europa 17
Tabela 2.5- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Oceânia 18
Tabela 2.6- Tabela síntese de alguns casos nacionais encontrados 18
Tabela 2.7- Custos das caleiras em PVC com Φ=125 mm facultados pela Editeme 24
Tabela 2.8- Custos dos tubos de queda em PVC com Φ=90 mm facultados pela Editeme 24
Tabela 2.9- Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques (DTU, 2003) 27
Tabela 2.10- Custos das bombas fornecidos pela Grundfos 28
Tabela 2.11- Resultados obtidos na análise SWOT 30
Tabela 2.12- Modelos informáticos existentes para análise hidráulica do SAAP (Roebuck *et al.*, 2006) 31
Tabela 3.1- Coeficientes de escoamento para diferentes superfícies de captação (Quintela e Hiipólito, 1996; Tomaz, 2003) 40
Tabela 3.2- Custos típicos para os tanques disponíveis no mercado português 44
Tabela 4.1- Dados gerais relativos ao caso de estudo Toito-Guarda 50
Tabela 4.2- Dados específicos para cada tipo de tanque, Toito-Guarda 51
Tabela 4.3- Resultados obtidos para os volumes nos 10 anos no caso de estudo Toito-Guarda 51
Tabela 4.4- Resultados obtidos para as eficiências no caso de estudo Toito-Guarda 52
Tabela 4.5- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em betão 53
Tabela 4.6- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em PEAD 55
Tabela 4.7- Dados relativos ao caso de estudo LNEC – Lisboa 57
Tabela 4.8- Resultados obtidos para os volumes nos 10 anos no caso de estudo LNEC-Lisboa 58
Tabela 4.9- Resultados obtidos para as eficiências no caso de estudo LNEC-Lisboa 59
Tabela 4.10- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo LNEC-Lisboa 60
Tabela 4.11- Dados relativos ao caso de estudo Faro 63
Tabela 4.12- Resultados obtidos para os volumes nos 10 anos no caso de estudo Faro 63
Tabela 4.13- Resultados obtidos para as eficiências no caso de estudo Faro 64
Tabela 4.14- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo Faro 65
Tabela 5.1- Principais resultados obtidos para cada uma das capacidades de tanque favoráveis no período em análise de 10 anos 70

Simbologia

Símbolos	Designações	Unidades
A_i	Área do jardim	m^2
A_c	Área de captação (telhado ou outras superfícies de captação)	m^2
C	Coeficiente de escoamento	% ou adimensional
CAP	Custo de água poupada	€
CAP_total	Custo total de água poupada para o tempo de análise	€
C_f	Coeficiente de filtro	% ou adimensional
C_{Inst}	Custo de instalação do tanque	€
D	Consumo diário total de água	m^3 ou L
$D_{autoclismos}$	Consumo diário de água na descarga de autoclismos	m^3 ou L
D_{carros}	Consumo diário de água na lavagem de carros	m^3 ou L
$D_{jardins}$	Consumo diário de água na rega de jardins	m^3 ou L
Dot	Dotação diária	L/m^2 ou mm
D_{outros}	Consumo diário de água noutros usos	m^3 ou L
$D_{_medio}$	Média no período em análise (10 anos) do consumo diário total de água	m^3 ou L
$D_{pavimentos}$	Consumo diário de água na lavagem de pavimentos	m^3 ou L
E_{SAAP}	Eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial	% ou adimensional
E_{tanque}	Eficiência no uso do tanque	% ou adimensional
f_{fs}	Factor do consumo	% ou adimensional
f_{san}	Frequência de utilização diária das sanitas por pessoa	sanita/pessoa
NC	Número de carros na família	carros
NLC	Número de lavagens de carros realizadas por semana	lavagens de carros
NLP	Número de lavagens de pavimentos realizadas por semana	lavagens de pavimentos
NP	Número de pessoas que habita a casa	pessoas
P	Precipitação diária	m ou mm
PRI	Período de recuperação do investimento	anos
P_{uc}	Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável	% ou adimensional
R	Taxa de desconto	% ou adimensional
T	Tempo em dias	dias
T	Tempo máximo em dias	dias
Ta	Tempo em anos	anos

Ta	Tempo máximo em anos	anos
TAR	Tarifa anual média de consumo de água da rede pública	€/m^3
V ou V_i	Capacidade do tanque	m^3 ou L
V_a	Volume diário de água pluvial armazenada	m^3 ou L
V_a (0)	Volume inicial de água pluvial armazenada	m^3 ou L
V_{a_medio}	Média no período em análise (10 anos) do volume diário de água pluvial armazenada	m^3 ou L
$V_{an_agua_poupada}$	Volume anual de água poupada	m^3 ou L
V_c	Volume diário de água pluvial captado pelo sistema de aproveitamento de água pluvial ou volume diário útil captado	m^3 ou L
V_d	Volume diário não utilizado do tanque ou volume diário disponível no tanque	m^3 ou L
V_{des}	Volume diário de água pluvial em excesso no tanque ou volume diário de água pluvial descarregada no esgoto	m^3 ou L
$V_{favoravel}$	Capacidade de tanque com o benefício mais favorável	m^3 ou L
VLC	Volume de água gasto por lavagem de carro	m^3 ou L
VLP	Volume de água gasto por lavagem de pavimento	m^3 ou L
V_{max}	Dimensão máxima considerada para o tanque	m^3 ou L
V_{min}	Dimensão mínima considerada para o tanque	m^3 ou L
V_p	Volume diário de água precipitada na superfície de captação ou volume diário da precipitação	m^3 ou L
V_{p_medio}	Média no período em análise (10 anos) do volume diário de água precipitada na superfície de captação	m^3 ou L
$V_{poupado}$	Volume diário de água pluvial usado nos fins a que se destina, volume diário de água poupada ou consumo diário de água não potável	m^3 ou L
$V_{poupado_medio}$	Média no período em análise (10 anos) do volume diário de água poupada	m^3 ou L
V_{SAA}	Volume diário de água utilizado do sistema de abastecimento público ou consumo diário de água potável	m^3 ou L
V_{sanita}	Volume diário de água gasto em cada utilização	m^3 ou L

"A água de boa qualidade é exactamente como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba. "

João Guimarães Rosa

"Não há vida sem água. A água é um bem precioso indispensável a todas as actividades humanas."

Carta europeia da água do Concelho da Europa
(proclamada em Estrasburgo em 6 de Maio de 1968)

1 Introdução

1.1 Enquadramento

O aproveitamento de água pluvial para usos urbanos é uma prática muito antiga e que se foi abandonando ao longo do tempo, à medida que os sistemas de abastecimento público de água se foram expandindo. Actualmente, assiste-se a um retorno da valorização desta prática no âmbito da renaturalização do ciclo urbano da água, da conservação da água e da procura de soluções mais sustentáveis. O potencial deste aproveitamento depende do regime de precipitação local (da sua variabilidade temporal e dos volumes precipitados), da existência de maior ou menor capacidade de armazenamento de água pluvial e da disponibilidade de superfícies úteis de recolha (telhados ou outras superfícies).

Sendo a água potável um recurso limitado e com custos significativos associados, é um desperdício a sua utilização na lavagem de pavimentos e carros, descarga de autoclismos e rega de plantas e jardins quando estas práticas podem muito bem ser realizadas com água de qualidade inferior, nomeadamente, com água pluvial recolhida e armazenada.

A busca por fontes alternativas de recursos naturais é uma necessidade decorrente tanto do crescimento populacional como do aumento dos padrões de consumo da população. A água é um recurso valioso e vital para a vida humana que se for sobre-explorado poderá ser insuficiente para atender às exigências cada vez maiores deste recurso. Assim sendo, a utilização de água pluvial surge como uma fonte alternativa de água que poderá contribuir para reduzir este problema (Carlon, 2005).

Hoje em dia, o aproveitamento da água pluvial é uma técnica largamente difundida em países como a Austrália, a África do Sul, os EUA, a Alemanha e o Japão, onde são, já, oferecidos financiamentos para a construção destes sistemas (Tomaz, 2003).

Em Portugal, esta prática é ainda incipiente apesar dos benefícios potenciais que podem ser obtidos, especialmente como forma de reduzir o consumo de água potável.

A sazonalidade da precipitação, elevada em época húmida normal, associada a uma época seca com temperaturas elevadas, implica a necessidade de armazenamento de água pluvial para viabilizar o seu aproveitamento. Por outro lado, a impermeabilização dos solos resultante da ocupação humana diminui a infiltração das águas pluviais, com a consequente redução da recarga das águas subterrâneas e aumento do escoamento superficial, aumentando a probabilidade e a magnitude da ocorrência de inundações e a frequência de descargas não tratadas no meio receptor a partir dos sistemas de drenagem. As afluências pluviais a sistemas unitários ou separativos domésticos podem afectar a eficiência das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Neste contexto, a captação e armazenamento das águas pluviais poderá contribuir para a redução do escoamento superficial e dos potenciais impactos negativos associados.

Actualmente, não existe legislação nacional que regulamente o aproveitamento de água pluvial em usos urbanos não potáveis. No entanto esta é uma das medidas (medida 8 – reutilização ou uso de

água de qualidade inferior) preconizadas no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) (Baptista *et al.*, 2001), que foi aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 113/2005, de 30 de Junho de 2005. De acordo com Baptista *et al.* (2001) e Almeida *et al.* (2006), apesar desta medida ter interesse em termos de uso eficiente da água, a sua aplicação requer regulamentação técnica adequada, para evitar potenciais perigos para a saúde pública, a divulgação da tecnologia e uma maior disponibilização no mercado nacional dos equipamentos adequados. O aproveitamento de água pluvial para usos urbanos não potáveis também é referido nas medidas 38 (utilização da água da chuva em jardins e similares) e 45 (utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água) do PNUEA.

O PNUEA foi elaborado na sequência da publicação da Directiva Quadro da Água (DQA) (Directiva n.º 2000/60/CE de 23 de Outubro), posteriormente transposta para a lei nacional através da Lei da Água (Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro) (DQA, 2000).

Adicionalmente, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 – 2013 (PEAASAR II) aprovado pelo Despacho n.º 2339/2007 de 14 de Fevereiro de 2007, enumera o equilíbrio da oferta e da procura através da gestão da procura, do uso eficiente de água, do aumento da reutilização e da exploração de fontes alternativas (águas pluviais, águas subterrâneas salobras, águas marinhas e águas residuais tratadas) como uma das linhas de actuação estratégica para a consagração dos principais objectivos do mesmo (MAOTDR, 2007).

O aproveitamento de água pluvial está, assim, associado a conceitos como o uso eficiente, o uso racional e a conservação da água. Na base do uso eficiente de água, está o conceito de conservação da água que consiste na protecção, desenvolvimento e gestão eficiente dos recursos hídricos para fins benéficos.

Segundo Baptista *et al.* (2001), a eficiência de utilização da água mede até que ponto a água captada da natureza é utilizado de modo optimizado para a produção com eficácia do serviço desejado. A quantificação desta eficiência é expressa pela fórmula:

Eficiência de utilização da água (%) = (Consumo útil/ Procura efectiva) x 100

em que:

Consumo útil – é o consumo mínimo necessário num determinado sector para garantir a eficácia da utilização, correspondendo a um referencial específico para essa utilização;

Procura efectiva – corresponde ao volume efectivamente utilizado, sendo naturalmente igual ou superior ao consumo útil (Baptista *et al.*, 2001).

A utilização do termo eficiência aplicada à gestão da água é relativamente recente. No passado foram usadas outras formas de abordagem a este tema, numa lógica de uso racional, da redução de consumos e da redução de desperdícios de água (Vitorino, 2006).

1.2 Objectivos

1.2.1 Objectivo geral

O objectivo geral desta dissertação é contribuir para a avaliação da viabilidade do aproveitamento de água pluvial para usos urbanos não potáveis (*e.g.* lavagem de pavimentos e carros, descarga de autoclismos, rega de plantas e jardins) em Portugal Continental, através da elaboração de um simulador que possa ser utilizado para, em diferentes aplicações, avaliar o potencial local de aproveitamento para as circunstâncias específicas.

1.2.2 Objectivos específicos

Esta dissertação tem como objectivos específicos:

- Identificar práticas actuais de aproveitamento de água pluvial para usos urbanos não potáveis em Portugal e no estrangeiro;
- Identificar o potencial e as barreiras do aproveitamento de água pluvial em usos não potáveis com base nos casos divulgados na bibliografia e legislação em vigor;
- Identificar os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças desta utilização através da análise SWOT;
- Elaborar um simulador para dimensionamento e análise do benefício em diferentes aplicações no sector residencial ou de instalações de maior dimensão, em diferentes locais do continente português;
- Aplicar e testar o simulador em casos de estudo diferenciados;
- Identificar as situações onde os sistemas de aproveitamento de água pluvial têm mais potencial.

1.3 Estrutura do trabalho

O relatório deste trabalho é desenvolvido ao longo de seis capítulos. No presente capítulo, é introduzido o tema, são definidos os objectivos e é descrita a estrutura do trabalho. No segundo capítulo, é efectuada uma revisão bibliográfica sobre a definição, vantagens e desvantagens, usos compatíveis, síntese histórica, motivações e aplicações internacionais e nacionais na actualidade, legislação e normalização, componentes básicos e qualidade do aproveitamento de água pluvial. No final deste capítulo, é realizada uma análise SWOT de forma a resumir a informação encontrada e referida. Esta análise também é utilizada para avaliar a viabilidade do aproveitamento de água pluvial. No terceiro capítulo, é abordada a metodologia usada na elaboração do simulador para análise do benefício do aproveitamento de água pluvial e é descrita a sua estrutura (expressões e dados utilizados). O simulador foi elaborado em *Visual Basic for Applications* (VBA). Os dados necessários foram retirados da Internet (SNIRH, Manual do *RainCycle*, Câmaras Municipais, EPAL, *Google Earth*…) e de documentos disponíveis e fornecidos pelas empresas contactadas. No quarto capítulo, é efectuada uma breve caracterização dos três casos de estudo e apresentada a aplicação do simulador e os resultados obtidos. Os casos de estudo distribuem-se por três regiões distintas de

Portugal Continental (Norte – Guarda; Centro – Lisboa; Sul – Faro). No quinto capítulo, são discutidos os resultados obtidos nos casos de estudo. Finalmente, no sexto capítulo, a partir da análise SWOT e da aplicação do simulador, sintetizam-se as conclusões relativas à viabilidade do aproveitamento das águas pluviais e propõem-se medidas a adoptar.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Conceito de aproveitamento de águas pluviais

Em Portugal, a degradação ambiental, o aumento do consumo de água pela população e o clima tornam a água potável num recurso cada vez mais limitado com custos associados gradualmente mais elevados. Por outro lado, no nosso país, a impermeabilização dos solos resultante da ocupação humana diminui a infiltração das águas pluviais, com a consequente redução da recarga das águas subterrâneas e aumento do escoamento superficial, aumentando a probabilidade e a magnitude da ocorrência de inundações e a frequência de descargas não tratadas no meio receptor a partir dos sistemas de drenagem. As afluências pluviais a sistemas unitários ou separativos domésticos podem afectar a eficiência das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). É neste âmbito que o aproveitamento de água pluvial pode ser encarado como uma solução que contribui para a minimização destes problemas.

O aproveitamento de água pluvial para usos urbanos é uma prática antiga no nosso país (nomeadamente, no Algarve e nos Açores) e que se foi abandonando ao longo do tempo, à medida que os sistemas de abastecimento público de água se foram expandindo. Actualmente, assiste-se a um retorno da valorização desta prática no âmbito da renaturalização do ciclo urbano da água, da conservação da água e da procura de soluções mais sustentáveis.

O aproveitamento de água pluvial é preconizado na medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior do PNUEA, sendo, igualmente, referido nas medidas da utilização da água da chuva em jardins e similares e da utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água, e pode ser definido como o processo de captação e armazenamento de água pluvial recolhida em determinadas superfícies (por exemplo, telhados, parques de estacionamento, superfícies de terraços) e a sua utilização em usos benéficos para as populações (Baptista *et al.*, 2001).

A água pluvial pode ser armazenada de várias formas, desde açudes e lagoas até caixas de água, reservatórios e cisternas com paredes impermeabilizadas e cobertas. As primeiras podem apresentar maiores perdas por infiltração e evaporação. Para além disso, não mantêm a qualidade da água uma vez que existe o risco de introdução de matéria orgânica e outras substâncias. As segundas têm a vantagem de terem menores perdas e de, eventualmente, de manter a água com maior qualidade (Perdomo *et al.*, 2005). Estas soluções são, também, usadas na captação de água superficial em sistemas públicos de abastecimento, no entanto a outra escala, afastadas dos locais de consumo e incluindo processos de forma a garantir a sua qualidade para consumo humano. Na Figura 2.1 apresentam-se exemplos de reservatórios para armazenamento da água pluvial proveniente do telhado ou de outras áreas de captação (áreas pavimentadas ou áreas de drenagem).

a) Cisterna do Sul do Brasil (Wikipédia, 2007a)

b) Reservatório de uma escola na África do Sul

c) Reservatório de uma habitação na África do Sul

d) Reservatório de uma habitação na África do Sul

Figura 2.1- Exemplos de reservatórios para armazenamento de água pluvial

2.2 Vantagens e desvantagens do aproveitamento das águas pluviais

A captação de água pluvial é uma técnica largamente difundida em países como a Austrália e a Alemanha que permite a obtenção de água de boa qualidade, de maneira simples e eficaz (Perdomo *et al.*, 2005).

Esta técnica permite (Almeida *et al.*, 2006; Perdomo *et al.*, 2005; Philips, 2005):

- Contribuir para a conservação da água;
- Reduzir a dependência que existe das reservas de água subterrânea que quando sobre-exploradas esgotam;
- Reduzir o consumo de água da rede pública e o custo associado;
- Reduzir os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água;
- Evitar a utilização de água potável em usos compatíveis com qualidade inferior, como por exemplo, na lavagem de pavimentos, rega de hortas e jardins, *etc.* ;
- Contribuir para controlar as inundações, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial.

As tecnologias necessárias para a captação e armazenamento de água pluvial são normalmente simples de instalar e de fácil utilização. A população local pode facilmente ser treinada para implementar essas tecnologias e os materiais de construção ou soluções prontas a instalar estão disponíveis no mercado (GDRC, 2005).

No que diz respeito a desvantagens, estas estão sobretudo associadas à variabilidade temporal da precipitação (GDRC, 2005) e à qualidade da água que se não for devidamente tratada poderá pôr em causa a saúde humana e o funcionamento das componentes do sistema. Segundo Baptista *et al.* (2001), o aproveitamento de água pluvial deve ter um tratamento adequado (filtração e desinfecção) mais ou menos exigente consoante a qualidade da água e o uso a que se destina. No PNUEA são, ainda, mencionados dois problemas que poderão surgir na sequência da aplicação desta técnica, nomeadamente, a aceitabilidade social devido ao contacto das pessoas com a água poder afectar a sua saúde e o sistema poder implicar um investimento significativo e alguma manutenção. De uma forma geral, os impactos negativos destas aplicações são negligenciáveis.

2.3 Usos compatíveis com o aproveitamento de água pluvial

A captação das águas pluviais para aproveitamento em usos não potáveis pode ser realizada em diferentes instalações, incluindo as residenciais, comerciais ou industriais.

Em geral, as águas pluviais podem ser utilizadas nos seguintes usos:

- Descarga de autoclismos;
- Lavagem de pavimentos e de veículos motorizados;
- Rega de jardins;
- Lavagem de roupas.

Em instalações de maiores dimensões, como as industriais ou comerciais, podem considerar-se outros usos compatíveis, nomeadamente:

- Arrefecimento de telhados, equipamentos e máquinas;
- Sistemas AVAC;
- Serviços de limpeza;
- Descarga de autoclismos;
- Combate a incêndios;
- Rega de espaços verdes;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de roupas, por exemplo em hotéis e lavandarias;
- Reposição de água evaporada de piscinas em hotéis.

De acordo com Baptista *et al.* (2001), em Portugal, os usos onde se considera mais viável esta origem alternativa de água são descargas de autoclismos, descargas de urinóis, lavagem de pátios, lavagem de veículos e rega de jardins. Os potenciais beneficiários desta medida incluem os proprietários de instalações residenciais, colectivas ou industriais e os inquilinos de instalações.

2.4 Síntese histórica do aproveitamento de água pluvial

O aproveitamento de água pluvial é uma prática muito antiga que não se sabe ao certo quando começou. Segundo Tomaz (2003), o documento mais antigo que existe é a Pedra Moabita (Figura 2.2) encontrada na antiga região de Moabe perto de Israel e datada de 830 a.C. . A Pedra, construída em basalto negro, tem gravada a seguinte inscrição do rei Mesa dos Moabitas[1] para os habitantes da cidade de Qarhoh: "*E não havia cisterna dentro da cidade de Qarhoh: por isso disse ao povo: Que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo na sua casa*".

Figura 2.2- Pedra Moabita (Wikipédia, 2007b)

Ao longo dos séculos, e de forma independente nas várias regiões dos diferentes continentes, foram desenvolvidas técnicas para aproveitamento de água pluvial, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde os recursos hídricos acessíveis são limitados e a sazonalidade da precipitação é acentuada ocorrendo somente durante alguns meses do ano. Por vezes, esta é a única opção disponível de obtenção da água essencial para o consumo humano em regiões secas.

Em países como o Irão e o México, por exemplo, as cisternas subterrâneas feitas com massa de cal e tijolos são utilizadas há mais de 3 mil anos. No México elas são conhecidas por *Chultuns* (Figura 2.4) e no Irão, por *Abanbars* (Figura 2.3). Um *Abanbar* é um sistema tradicional comunitário de captação de água pluvial (Carlon, 2005).

[1] Povo nómada, semelhante aos hebreus, que se estabeleceu a leste do Mar Morto por volta do século XIII a. C., na região que mais tarde seria chamada de Moabe

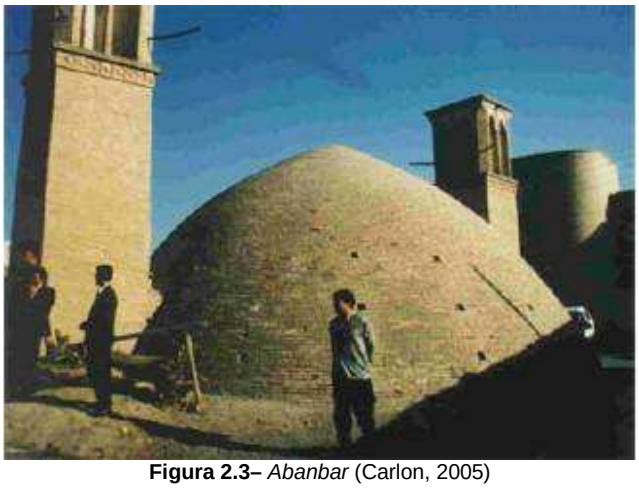


Figura 2.3– *Abanbar* (Carlon, 2005)

O México é um país rico em antigas tecnologias tradicionais de recolha de água pluvial, datadas da época dos Astecas e Maias. A sul da cidade de Oxkutzcab, junto ao monte Puuc, ainda hoje podem ser vistas as obras do povo Maia. No século X existia ali uma agricultura baseada no aproveitamento de água pluvial. As pessoas viviam nas encostas e a água potável era recolhida nos *Chultuns,* cisternas com capacidade de 20 a 45 metros cúbicos (Gnadlinger, 2000).

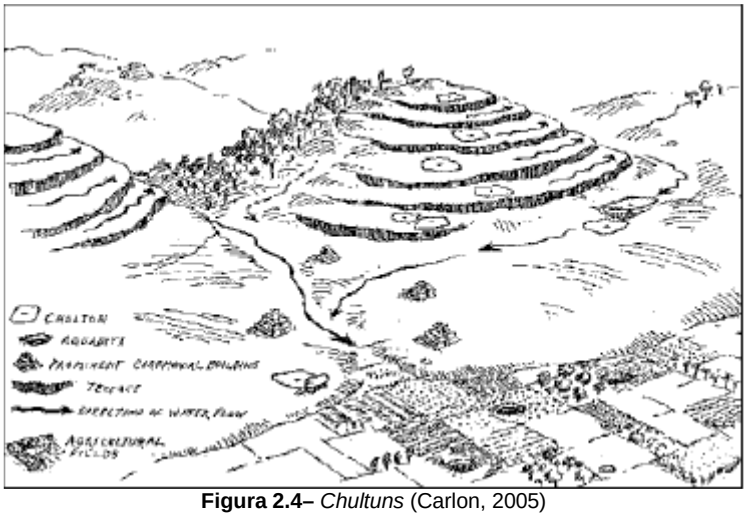


Figura 2.4– *Chultuns* (Carlon, 2005)

Estas cisternas tinham um diâmetro de cerca de 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia uma área de captação de 100 a 200 m^2. Nos vales usavam-se outros sistemas de captação de água, como *aguadas* (reservatórios de água pluvial cavados artificialmente com capacidades variando de 10 a 150 mil metros cúbicos) e *aquaditas* (pequenos reservatórios artificiais com capacidades de 0,1 a 50 metros cúbicos). Estas *aguadas* e *aquaditas* eram usadas para irrigar árvores frutíferas e bosques além de fornecer água para a plantação de verduras e milho em pequenas áreas. Era armazenada muita água, garantindo-se, deste modo, água até para períodos de seca inesperados (Gnadlinger, 2000).

No Palácio de Knossos (o maior e mais famoso palácio minóico), localizado na zona sul da cidade de Iraklion na Ilha de Creta (Grécia), a água pluvial era recolhida e utilizada na descarga, possivelmente,

do autoclismo mais antigo do mundo ali situado (datado de entre 2500 e 1500 a. C.) (Wikipédia, 2008a).

Em Israel, mais precisamente, no deserto da Judeia, sobre o mar Morto, existe uma fortaleza natural de grande beleza, cujo nome é Fortaleza Massada (símbolo da destruição do antigo reino de Israel e da violenta destruição do último reduto de patriotas judeus pelo exército romano no ano 73 d.C.). Nesta fortaleza é possível encontrar canais escavados em pedra calcária que captavam e conduziam a água pluvial para grandes reservatórios subterrâneos com uma capacidade superior a 200 mil galões, sendo a água posteriormente utilizada (Wikipédia, 2007c).

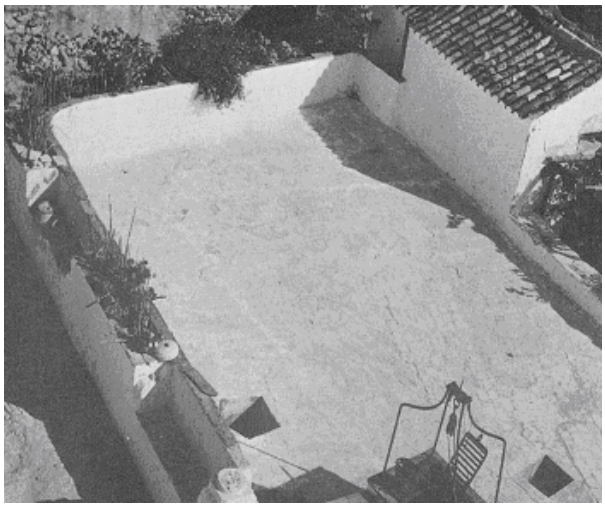
Também, por todo o território português, se encontram hoje vários castelos com cisterna de armazenamento de água pluvial que era utilizada para abastecer as populações no caso da água escassear durante um longo cerco às muralhas do castelo pelos inimigos. Um exemplo deste facto, é a grande fortaleza e o convento dos Templários localizados em Tomar (Ribatejo) (Figura 2.5) que foram construídos no ano de 1160 e aonde permanecem intactos dois reservatórios (com as capacidades de 215 m^3 e 145 m^3, respectivamente) que armazenavam a água pluvial naquela altura (Tomaz, 2003; Wikipédia, 2008b).

Figura 2.5- Castelo de Tomar (Wikipédia, 2008b)

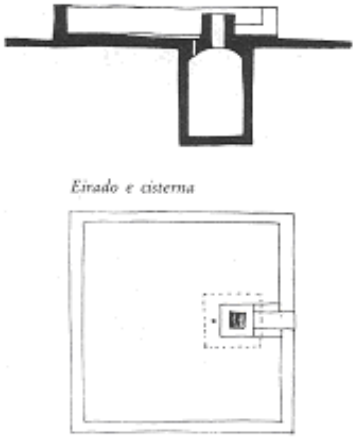
O aproveitamento de água pluvial foi introduzido em Cabo Verde pelos primeiros colonos portugueses que aí se estabeleceram e, pouco a pouco, foram criando os seus morgados ou quintas. Com efeito os diques, canais e reservatórios construídos em terra batida, prática, ainda hoje, corrente nas ilhas de Santo Antão e Santiago, parecem ser ainda a reminiscência das primeiras obras de hidráulica utilizadas para a rega de árvores de fruta e outras culturas destinadas ao consumo local e exportação, nomeadamente, as culturas de laranja, cana sacarina, banana, *etc*. Os sistemas de captação e utilização de água pluvial ganharam uma certa relevância no arquipélago, particularmente, na ilha do Fogo, onde só a partir dos meados da década 1980/90, a cidade de São Filipe (a 300 m de altitude) e a zona do Monte Genebra (a cerca de 750 metros de altitude), começaram a ser abastecidas com água bombeada da nascente da Praia Ladrão, situada ao nível do mar. Recentemente, têm sido abertos furos, que se têm revelado muito produtivos, para satisfazer as necessidades de consumo doméstico e rega, mas de um modo geral, a ilha continua ser abastecida na sua maioria com a água pluvial captada através dos telhados das habitações ou das superfícies

rochosas devidamente tratadas com argamassa de betão e armazenadas em pequenas cisternas de 10 m^3 a 20 m^3 (cisternas familiares) ou grandes cisternas (cisternas públicas) de 50 m^3 a 300 m^3 cobertas, geralmente com lajes de betão armado. A Ilha do Fogo é a ilha de Cabo Verde, onde é feito um maior aproveitamento da água pluvial (Sabino, 2001).

No Algarve, ao longo dos anos, a fraca precipitação levou ao aparecimento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico, constituídos por caleiras de telha ao longo das fachadas e sob os beirados, sendo a água recolhida das suas vertentes ou dos seus terraços conduzida para cisternas. Se a água recolhida não fosse suficiente, recorria-se então ao eirado (Figura 2.6), que consta dum vasto terreiro, ao nível do terreno, revestido com ladrilhos e com declives para encaminhar a água pluvial para um pequeno orifício, que comunica com o interior da cisterna, de onde era então tirada por meio de uma boca semelhante às dos poços. Toda a superfície exterior dos eirados é abundantemente caiada para neutralizar a natural acidez das águas pluviais. A existência de eirados está circunscrita à região de Silves, S. Bartolomeu de Messines, Tunes, Porches, Amorosa, *etc*. (Antunes *et al.*, 1988).



a) Eirado onde são visíveis orifícios que comunicam com a cisterna (Porches, Lagoa)



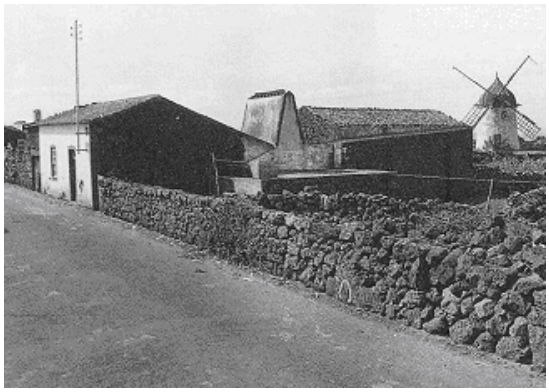
b) Esquema de um eirado e de uma cisterna

Figura 2.6- Eirados (Antunes *et al.*, 1988).

No Arquipélago dos Açores, mais precisamente nas ilhas de Santa Maria, Terceira, Graciosa, S. Jorge, Pico, Faial e Corvo, as casas tradicionais contêm sistemas de aproveitamento de água pluvial. Na Terceira, as cisternas têm uma cobertura em abóbada de berço e um acesso à água acumulada (Figura 2.7); são quase sempre rebocadas e caiadas na zona superior e tanto aparecem isoladas como encostadas às habitações. Estas cisternas recolhem, normalmente, a água das coberturas das casas a que estão anexas, directamente dos beirais ou canalizadas pelas caleiras que as contornam (Tostões *et al.*, 2000).

Figura 2.7- Cisterna (Santa Bárbara, Terceira) (Tostões *et al.*, 2000)

A Graciosa é a ilha com maior carência de água do Arquipélago dos Açores. Esta situação suscitou na população a necessidade do desenvolvimento de várias estruturas públicas e domésticas para o armazenamento de água (incluindo água pluvial). Ao nível das estruturas públicas, existem os reservatórios e os "tanques". O "tanque" é, normalmente, um complexo integrado constituído por um reservatório (coberto), um tanque propriamente dito (a céu aberto) e lavadouros. O reservatório é uma estrutura enterrada com forma rectangular que, em regra, está inserida num recinto murado, também rectangular. O seu interior encontra-se dividido em naves por fiadas de arcos de volta-inteira assentes em colunas, construídos em pedra de cantaria, que sustentam uma cobertura abobada (ARENA, 2006). Ao nível das estruturas domésticas, são utilizadas as cisternas e os tanques domésticos (Figura 2.8). A cisterna pode encontrar-se encostada à casa, recolhendo a água pluvial directamente dos beirais. Contudo, na maior parte das habitações, trata-se de um volume dissociado, mas ligado à casa através de um conjunto de caleiras em cerâmica, que circundando-a sob os beirais, recebe a água que é posteriormente conduzida à cisterna ou ao tanque onde fica armazenada. Por vezes as cisternas são simplesmente substituídas por grandes talhões de barro colocados no termo do sistema de caleiras cerâmicas (Tostões *et al.*, 2000).



a) Cisterna encostada (Caminho de Cima)

b) Cisterna dissociada (Ribeirinha)

c) Tanque (Fonte do Mato)
Figura 2.8-Sistemas de armazenamento de água pluvial existentes na Graciosa (Tostões *et al.*, 2000)

Em São Jorge, as cisternas que existem encontram-se normalmente encostadas à habitação e são rectangulares. O acesso à água armazenada faz-se através de um poço com portinhola (Tostões *et al.*, 2000).

No Pico as cisternas são construídas em alvenaria de pedra que ou fica à vista ou é rebocada e caiada ou a caiação é restrita às juntas. Só a superfície superior é sistematicamente argamassada para que as águas pluviais se dirijam ao orifício do depósito e não se infiltrem na restante construção. As cisternas são, na sua maioria, rectangulares, muito embora possam apresentar, em raras excepções, uma forma circular (Figura 2.9) (Tostões *et al.*, 2000).

a) Cisterna quadrada (Terra do Pão) b) Cisterna circular (Bandeiras)
Figura 2.9- Formas das cisternas existentes no Pico (Tostões *et al.*, 2000)

Hoje em dia, muitos destes sistemas são mantidos em bom estado de conservação e utilizados pelas populações.

2.5 Motivações e aplicações na actualidade

2.5.1 Casos internacionais

Neste ponto são apresentados alguns exemplos a nível internacional do aproveitamento de água pluvial em usos urbanos com o objectivo de dar a conhecer melhor os aspectos que estão

relacionados com esta técnica (nomeadamente, custos associados e usos específicos), uma vez que a sua aplicação em Portugal é, ainda, escassa.

Da Tabela 2.1 à Tabela 2.5 é feita uma síntese de exemplos de casos internacionais encontrados.

Tabela 2.1– Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados - África

País	Exemplos
Botswana	**Botwana*:*** Milhares de sistemas de captação de água pluvial através de telhados e tanques foram construídos em escolas primárias, centros de saúde e edifícios governamentais (UNEP, 2006).
Quénia	**Quénia:** Existem já alguns projectos desde 1970 que em combinação com os esforços dos construtores locais (*fundis*), trabalhando privadamente e usando o seu próprio projecto indígena, foram responsáveis pela construção de muitos tanques espalhados por todo o país (UNEP, 2006).

Tabela 2.2- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – América

País	Exemplos
Brasil	**Brasil:** Projecto para a construção de um milhão de tanques de água pluvial durante um período de 5 anos, o que vai beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas. Os tanques são construídos, maioritariamente, com placas de betão ou com uma malha de fios de betão. A captação e a utilização de água pluvial integram, hoje, os programas educacionais para a vida sustentável nas regiões semi-áridas do Brasil (UNEP, 2006).
EUA	**Ilha do Hawai:** Uso de água pluvial no National Volcano Park: ✓ Têm sido construídos sistemas de aproveitamento de água pluvial para abastecer com água 1000 trabalhadores e residentes do parque e 10000 visitantes por dia. ✓ O sistema inclui: um telhado de edifício com a área de 0,4 hectares, uma superfície de captação subterrânea com mais de 2 hectares e tanques de armazenamento (2 tanques reforçados com betão de 3800 m^3 cada e 18 tanques em pau-brasileiro de 95 m^3 cada). ✓ Vários edifícios pequenos, também, têm o seu próprio sistema de utilização de água pluvial. ✓ Foi construída uma estação de tratamento e bombagem para oferecer aos utilizadores do parque uma água de boa qualidade (UNEP, 2006). **Ilhas Virgínias, St. Thomas:** Normalmente, os sistemas de aproveitamento de água pluvial incluem um telhado com uma área de 112 m^2 e um tanque de armazenamento com a capacidade de 45 m^3. Testes de qualidade de água mostram que a contaminação com coliformes fecais e a concentração de mercúrio são mais altos que os limites de qualidade estabelecidos para a água pela U.S. EPA, o que limita o uso desta água a aplicações não potáveis a não ser que haja um tratamento apropriado (UNEP, 2006).
Reino Unido	**Ilha das Bermudas:** Uma característica original dos telhados das Bermudas é a pedra calcária em forma de cunha que foi colocada para formar caleiras inclinadas que conduzem a água pluvial para tanques de armazenamento. Os sistemas de utilização de água pluvial na ilha são regulados pela *Public Health Act* que requer que as superfícies de captação sejam caiadas com tinta branca de látex e a pintura não contenha metais; os proprietários devem manter as superfícies de captação, os tanques, as caleiras e as condutas em boas condições; os telhados devem ser repintados em cada dois a três anos e os tanques devem ser limpos no mínimo uma vez em cada seis anos (UNEP, 2006).

Tabela 2.3- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Ásia

País	Exemplos
Bangladesh	**Bangladesh:** A partir de 1997 foram instalados vários sistemas de aproveitamento de água pluvial que incluem tanques enterrados de ferrocimento ou de tijolo, cuja capacidade varia entre 500 a 3200 litros, podendo custar cada tanque entre 30 a 81 € (UNEP, 2006).
China	**Província de Gansu:** Em 1995/96, é implementado pelo governo o Projecto de Captação de Água Pluvial 121: ✓ Construção de um campo de captação de água pluvial e de dois tanques de armazenamento de água e atribuição de uma porção de terra para o crescimento de culturas (UNEP, 2006).
Índia	**Balisana:** Os habitantes ergueram um sistema de aproveitamento de água pluvial a nível comunitário a partir de um tanque de barro com 300 anos de idade. Do tanque a água pluvial é encaminhada para um poço de recarga, sendo posteriormente bombada para um reservatório onde fica armazenada até à sua utilização final (CSE, 2002).
Japão	**Tóquio:** A arena Royogoku Kokugikan de combate de sumo utiliza a água pluvial em grande escala para descarga de autoclismos e no ar condicionado. A água pluvial é captada a partir do telhado (com uma área de 8400 m^2) e encaminhada para um tanque de armazenamento subterrâneo de 1000 m^3. O edifício Sumida City Hall usa um sistema semelhante. O Rojison é um sistema simples e único de utilização de água pluvial a nível comunitário, erguido pelos residentes locais, que visa utilizar a água pluvial recolhida dos telhados das habitações unifamiliares para rega de jardins, combate a incêndios e obtenção de água potável em casos de emergência (UNEP, 2006).

Tabela 2.3 (Continuação) - Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Ásia

País	Exemplos
Singapura	**Singapura:** A água pluvial é captada dos telhados dos prédios e armazenada em duas cisternas separadas para usos não potáveis. Sistema de captação e utilização de água pluvial no aeroporto de Changi. A água proveniente das pistas de aterragem e dos espaços verdes localizados nas redondezas é encaminhada para dois reservatórios. Um dos reservatórios é utilizado para controlar os fluxos de água quando ocorrem maiores escoamentos superficiais e evitar inundações e o outro reservatório é usado para recolha do escoamento (UNEP, 2006).
Tailândia	**Tailândia:** A água pluvial proveniente do telhado é armazenada em jarros: ✓ Capacidade: 100 a 2000 litros. ✓ Um jarro de 2000 litros custa 17 € e armazena água pluvial suficiente para uma casa onde vivem 6 pessoas na estação seca, durando no máximo 6 meses (UNEP, 2006).

Tabela 2.4- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Europa

País	Exemplos
Alemanha	**Berlim:** Em Outubro de 1998, foram implementados vários sistemas de aproveitamento de água pluvial para controlar as cheias urbanas, poupar água para a cidade e melhorar o microclima. A água pluvial captada dos telhados (32000 m^2) de 19 edifícios é recolhida e armazenada num tanque de 3500 m^3. Esta água é utilizada na descarga de autoclismos, rega de espaços verdes e na recarga de uma lagoa artificial. No edifício Belss-Luedecke-Strasse, a água pluvial dos telhados (com uma área de aproximadamente 7000 m^2) é descarregada num sistema separativo pluvial e encaminhada para uma cisterna com uma capacidade de 160 m^3, em conjunto com o escoamento das ruas, dos parques de estacionamento e dos pavimentos (representando uma área de 4200 m^2). A água é tratada em várias etapas e usada para descarga de autoclismos e rega de jardins. O sistema assegura que a maioria dos poluentes existentes no escoamento inicial sejam retirados do sistema separativo pluvial e lançados no sistema separativo doméstico para tratamento apropriado numa ETAR. Com base numa simulação de 10 anos, a poupança em água potável através da utilização de água pluvial foi estimada como sendo certa de 2,430 m^3 por ano. O uso da água pluvial permite a conservação da água na cidade e a redução da descarga de poluentes dos sistemas de esgotos para as águas superficiais (UNEP, 2006).
Reino Unido	**Reino Unido:** Foi recentemente publicado, pelo *Building Services Research and Information Association* (BSRIA), um Guia de Utilização de água não potável (nomeadamente, de água pluvial) em habitações domésticas (Environment Agency, 1999).

Tabela 2.5- Tabela síntese de alguns casos internacionais encontrados – Oceânia

País	Exemplos
Austrália	**Melbourne:** Foi instalado um tanque com a capacidade de, aproximadamente, 1200 m^3 de forma a armazenar água pluvial suficiente para rega num parque público. É incentivada a instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial nas novas construções através da criação de linhas directrizes desta técnica (Weintraub, 2008).

2.5.2 Casos nacionais

Em seguida, é abordada a experiência nacional de aplicação desta técnica com vista a uma melhor compreensão da situação corrente da sua utilização no país.

Actualmente, em Portugal, já é comercializado o equipamento necessário para a captação e armazenamento da água pluvial. Estão disponíveis sistemas de aproveitamento de água pluvial completos (por exemplo, em polietileno de alta densidade - PEAD) ou componentes individuais para sistemas não *standard*. Existem, inclusivamente, empresas que compram as componentes aos fabricantes e fazem a instalação dos sistemas. Na opção de tanques em betão, estes podem ser construídos por qualquer empresa de construção civil.

Os casos de aplicações existentes dos quais se obteve informação estão na sua maioria associados à rega de jardins.

Na Tabela 2.6 são apresentados em síntese alguns casos nacionais.

Tabela 2.6- Tabela síntese de alguns casos nacionais encontrados

Região	Exemplos
Açores, Ilha Terceira	**Angra do Heroísmo:** O hotel Terceira Mar Hotel faz o aproveitamento de água pluvial para rega de jardins. A cisterna foi construída em 2003 e tem a capacidade de 1500 m^3 (TMH, 2003).
Algarve, Faro	**Albufeira, Assumadas:** Existe um projecto “casa e jardim” que visa a restauração da casa e a recuperação do jardim de uma propriedade antiga, no qual se prevê a implementação de uma cisterna para o aproveitamento de água pluvial (Blaser, 2008).
Baixo Alentejo, Beja	**Serpa:** Aproveitamento da água pluvial numa escola (Bertolo, 2006).

Tabela 2.6 (Continuação)- Tabela síntese de alguns casos nacionais encontrados

Região	Exemplos
Beira Baixa, Castelo Branco	**Castelo Branco:** Foi desenvolvido um projecto para a Torre de Controlo do Aeródromo que visa o aproveitamento de água pluvial na descarga dos sanitários e mictórios dos WC's localizados nos pisos 0 e 1: ✓ A água é recolhida da cobertura da torre a partir de uma caleira metálica de zinco e de tubos de queda até ao reservatório de armazenamento de água pluvial que se localiza no 4º piso da torre e tem cerca de 7 m^3 de capacidade. Antes da entrada da água no reservatório, será instalado um filtro com o intuito de remover os detritos e as folhas de árvore da água pluvial. Estes últimos são expelidos pela frente e conduzidos ao sistema de esgotos e a água filtrada é conduzida ao reservatório de armazenamento (Bertolo, 2006).
Beira Litoral, Aveiro	**Aveiro:** A Universidade de Aveiro, em associação com um grupo de empresas, está a desenvolver um projecto intitulado "A Casa do Futuro" que almeja aproveitar a água pluvial para rega de jardins (Pereira *et al.*, 2006). **S. João da Madeira:** Aproveitamento de água pluvial no centro comercial e de lazer "8ª Avenida", cuja arquitectura é da autoria da Sonae Sierra, para descarga nos sanitários, rega e sistema AVAC (Ventura, 2007).
Douro Litoral, Porto	**Leça do Balio (Matosinhos):** Da união da "Nortecoope", "Sete Bicas" e "CETA" (união NORBICETA) surgiu o Empreendimento Cooperativo da "Ponte da Pedra": ✓ A primeira fase, composta por 151 habitações, foi inaugurada em Dezembro de 2003. ✓ Em Janeiro de 2005, arrancou um novo empreendimento de 101 habitações (o primeiro empreendimento nacional de "habitação sustentável") que ficou concluído em 2006, sendo inaugurado em Novembro desse ano. Este empreendimento está equipado com um sistema de aproveitamento de água pluvial através de um reservatório enterrado que armazena a água pluvial, sendo esta posteriormente, encaminhada para o sistema de rega de jardins e autoclismos (Bertolo, 2006).

Tabela 2.6 (Continuação)- Tabela síntese de alguns casos nacionais encontrados

Região	Exemplos
Estremadura, Lisboa	**Amadora:** Utilização de água pluvial num condomínio (Bertolo, 2006). **Lisboa:** No Alto do Lumiar foi inaugurado um novo espaço verde (Parque Oeste), onde é feito o aproveitamento de água pluvial. Criado numa zona de vale, tem uma função ecológica primordial constituindo uma bacia de retenção que permite o aproveitamento das águas pluviais que serão depois utilizadas para rega e sustentabilidade de todo o coberto vegetal e alimentação dos lagos construídos (CML, 2006). Está prevista a adopção de sistemas semelhantes para o Parque da Bela Vista e o Parque Eduardo VII (CML, 2006). Duas moradias unifamiliares que utilizam a água pluvial. A primeira tem uma área de captação de 90 m^2 e um depósito com a capacidade de 20 m^3. A segunda apresenta uma área de captação de 100 m^2 e um depósito de 15 m^3 (Ecoágua, 2007a). **Porto Salvo:** O Millennium bcp, localizado no TagusPark, possui um depósito de 200 m^3 destinado ao aproveitamento de água pluvial para sistemas de rega (Millennium bcp, 2007).
Estremadura, Setúbal	**Amendoeira:** Utilização de água pluvial num edifício (Bertolo, 2006). **Amora:** Utilização de água pluvial numa urbanização (Bertolo, 2006). **Seixal:** Utilização de água pluvial num edifício (Bertolo, 2006).
Ribatejo, Santarém	**Cartaxo:** Aproveitamento da água pluvial num lar (O Mirante *online*, 2007).

2.6 Legislação e normalização

As primeiras leis existentes em Portugal associadas à água datam da década de 40 do século passado. Em 1943 surge a regulamentação para o abastecimento de água e três anos depois aparece a legislação referente à drenagem de esgotos (Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto, 1994). Durante os 50 anos seguintes, os conceitos e a tecnologia de projecto, execução e gestão de sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais evoluíram e, nesta sequência, foi feita a revisão e actualização dos regulamentos gerais das canalizações de água e de esgoto, o que se veio a consagrar com o Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto de 1994 (Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto, 1994). É através deste decreto que surge o Decreto Regulamentar n.º 23/95 (DL 23/95), de 23 de Agosto de 1995, que define o conceito de águas residuais pluviais, ou simplesmente águas pluviais, como as águas resultantes da precipitação atmosférica caída directamente no local ou

em bacias limítrofes contribuintes e que apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto, 1995).

No dia 23 de Outubro de 2000 é aprovada a Directiva Quadro da Água (Directiva n.º 2000/60/CE, de 23 de Outubro) (DQA, 2000). Na sequência da aprovação da DQA (transposta para a lei nacional através da Lei da Água ou Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro), aparece, em 2001, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 113/2005 de 30 de Junho de 2005. Como referido anteriormente, o PNUEA foi criado com o objectivo de avaliar a eficiência com que a água é utilizada em Portugal nos sectores urbano, agrícola e industrial e propor um conjunto de medidas que permitissem uma melhor utilização deste recurso, tendo como vantagens adicionais a redução das águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados (Almeida *et al.*, 2006; Baptista *et al.,* 2001). As medidas que contemplam o aproveitamento de água pluvial em usos urbanos não potáveis são as medidas 8 (reutilização ou uso de água de qualidade inferior), 38 (utilização da água da chuva em jardins e similares) e 45 (utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água).

Para facilitar a aplicação das medidas previstas no PNUEA, são elaborados, em 2005, pelo LNEC vários Relatório Técnicos de Apoio à Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, entre os quais o RT9, relativo à análise dos documentos regulamentares e normativos relevantes e onde são identificadas incompatibilidades e lacunas para a aplicação das medidas consideradas no PNUEA (Almeida *et al.*, 2005). De acordo com este relatório, o DL 23/95 e alguns regulamentos municipais surgem como obstáculos à viabilização da medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior. O DL 23/95 proíbe a utilização de água não potável na habitação para outros usos que não a lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares (Artigo 86º), o que constitui uma barreira à aplicação da medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior em redes prediais (por exemplo, nos autoclismos). Nalguns regulamentos municipais (ex. Município do Seixal) refere-se explicitamente que não é permitida a ligação de poços ou de outras origens de água à canalização interior dos prédios enquanto que no DL 23/95 e noutros municipais (ex. Município de Monção, Município de Almada, Município de Albergaria-a-Velha) apenas se exige que as redes sejam independentes, caso se faça esta ligação. Neste sentido, é necessário e relevante proceder-se à alteração da legislação. Um dos aspectos essenciais a incluir em regulamentação específica, que já é brevemente referido nos artigos 86º e 202º do DL 23/95, é a clara identificação das redes e dispositivos que transportem água não potável (por exemplo, estabelecimento de código de cor das condutas). Para as redes prediais deveria de ser consagrada a obrigatoriedade regulamentar de separação, no interior do edifício, das redes de águas pluviais, de águas cinzentas e de águas negras, prevenindo a possibilidade de futuramente poderem ser instalados sistemas separativos com reutilização ou utilização de água de qualidade inferior em usos compatíveis. Este aspecto é já contemplado para os ramais de descarga no artigo 217º do DL 23/95 mas, tal como a garantia da acessibilidade dos tubos de queda pluviais (Artigo 234º, n.º2), nem sempre se verifica. A rotulagem de produtos e materiais com a identificação necessária para os sistemas de água não potável também devia ser devidamente regulamentada. No que diz respeito à

normalização, embora já tenham sido realizadas a Decisão da Comissão 2005/338/EC e a Decisão da Comissão 2003/235/EC (ambas de 14 de Abril), devem ser elaboradas normas que estabeleçam os critérios e procedimentos de uso de água de qualidade inferior em instalações prediais (semelhante à norma alemã, DIN 1989 - Sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Planeamento, execução, operação e manutenção) e normas que indiquem a forma como o sistema de rotulagem deve ser efectuado. Para as medidas da utilização da água da chuva em jardins e similares e da utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água, deve ser regulamentada a obrigatoriedade de, em novas instalações de grandes dimensões, construir infraestruturas para recolha, armazenamento e utilização de água pluvial com o estabelecimento de condições de excepção de forma clara. Quanto à normalização, além da já existente e referida na medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior, devem ser criadas normas, para a adopção de procedimentos e critérios de utilização de água pluvial na rega, semelhantes à Norma da Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas na Rega (Norma 4434, de 2005).

Assim sendo, verifica-se, que em termos de legislação e normalização nacional, o grande problema existente na utilização desta técnica é a ausência de normalização específica e a existência de legislação que dificulta a sua aplicação. Contudo, está-se a ponderar e a reunir as condições para a elaboração de uma norma técnica à semelhança do que já acontece noutras realidades internacionais.

2.7 Componentes básicos de um sistema de aproveitamento de água pluvial

2.7.1 Descrição geral

De um modo geral, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) são constituídos por componentes básicas que servem cada uma das seguintes funções (TWDB, 2005):

- **Captação:** inclui a superfície sobre a qual a chuva cai, isto é, a superfície de recolha ou captação;
- **Transporte:** é constituído pelas componentes que encaminham a água do telhado para o tanque, nomeadamente os algerozes ou as caleiras e os tubos de queda;
- **Filtração:** abrange os dispositivos que removem detritos e poeiras da água pluvial captada antes desta ir para o tanque, como por exemplo os crivos de folhas, os desviadores de primeiro fluxo e os dispositivos de filtração;
- **Armazenamento:** engloba um ou mais tanques de armazenamento que também, podem ser denominados de cisternas;
- **Distribuição:** é o sistema de transporte da água pluvial para o seu uso final através da bombagem ou gravidade;
- **Tratamento:** apesar de particularmente relevante no caso dos sistemas potáveis, para os usos não potáveis, esta etapa inclui normalmente apenas a remoção de sólidos.

Na Figura 2.10 apresenta-se um esquema típico onde se identificam os principais componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

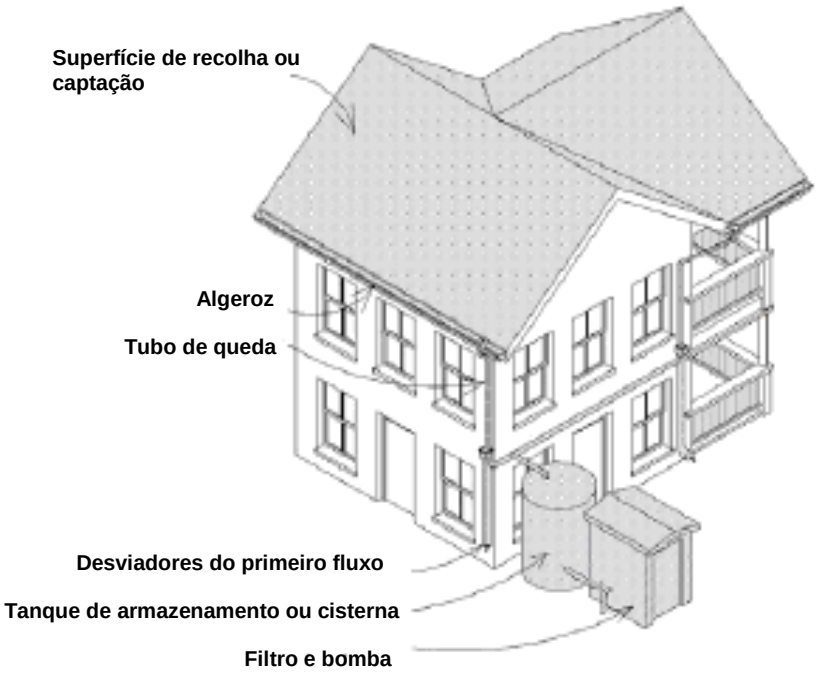


Figura 2.10– Instalação típica para a captação de água pluvial (Almeida *et al.*, 2006; TWDB, 2005)

2.7.2 Captação

O telhado de um edifício ou vivenda é, normalmente, a primeira escolha para a captação de água pluvial. A qualidade desta água depende do material do telhado, das condições climatéricas e do ambiente nas redondezas. O material usado na construção do telhado poderá ser: o metal, a cerâmica, o betão, o mosaico, a madeira, a ardósia, entre outros (TWDB, 2005). No entanto, podem ser usadas outras superfícies como os pavimentos, especialmente se não susceptíveis de acumular substâncias poluentes em quantidades significativas.

Os telhados de ferro galvanizado, ardósia ou telha de cerâmica asseguram uma qualidade de água aceitável (WSUDSR, 2004).

As superfícies de captação horizontais são as melhores para a recolha de água pluvial uma vez que permitem a captação de uma maior quantidade de água pluvial (Perdomo *et al.*, 2005).

2.7.3 Transporte

As caleiras permitem recolher a água pluvial proveniente da superfície de captação. Os materiais mais utilizados para caleiras e tubos de queda são o PVC, o alumínio e o aço galvanizado. As caleiras de alumínio e de aço galvanizado são recomendadas devido à sua resistência à corrosão (Carlon, 2005).

Em seguida na Tabela 2.7 e na Tabela 2.8, são apresentados alguns dos custos em Portugal de caleiras (construídas em PVC com um Φ=125 mm) e tubos de queda (construídos em PVC com Φ=90mm).

Tabela 2.7- Custos das caleiras em PVC com Φ=125 mm facultados pela Editeme

Instalações	Custos
Caleiras	6 €/m
Uniões de descarga (ligação aos tubos de queda)	2 uniões custam 5 €
Suportes de Telha (prendem a caleira às telhas)	1 €/cada suporte

Tabela 2.8- Custos dos tubos de queda em PVC com Φ=90 mm facultados pela Editeme

Instalações	Custos
Tubos de queda	3 €/m
Tês (ligação em T)	3 €/cada T

2.7.4 Filtração

Um telhado ou pavimento é uma superfície de deposição natural de poeiras, folhas, flores, galhos, corpos de insectos, fezes de animais, pesticidas e outros resíduos transportados pelo ar. Deste modo, para impedir que estes poluentes atinjam o tanque, utilizam-se os componentes da filtração (os crivos de folhas, os desviadores de primeiro fluxo e os dispositivos de filtração) que são a parte do sistema que exige mais manutenção.

Os crivos de folhas são utilizados na remoção de detritos maiores, nomeadamente, folhas, galhos e flores, que caem no telhado, enquanto que o desviador de primeiro fluxo permite rejeitar os contaminantes menores, como por exemplo, a poeira, o pólen e as fezes de pássaros e roedores (TWDB, 2005).

Os crivos de folhas devem ser limpos regularmente para funcionarem de forma eficaz, pois, caso contrário, podem ficar obstruídos e impedir que a água pluvial chegue ao tanque e os detritos podem abrigar bactérias que estragam o equipamento.

O desviador de primeiro fluxo conduz o primeiro fluxo de água proveniente da superfície de captação para fora do tanque de armazenamento. A água desviada pode ser encaminhada para um jardim (TWDB, 2005). De um modo geral, o desviador de primeiro fluxo opera, filtrando o escoamento do telhado através de um filtro de tela para capturar folhas e detritos. A primeira parte do escoamento é armazenada numa câmara, onde a água entra sobre a forma de gotas que caiem lentamente através de um pequeno orifício, enquanto a água limpa no topo da câmara passa para dentro do tanque de água pluvial (WSUDSR, 2004). Na Figura 2.11 é apresentado um exemplo de um desviador de primeiro fluxo disponível no mercado português.

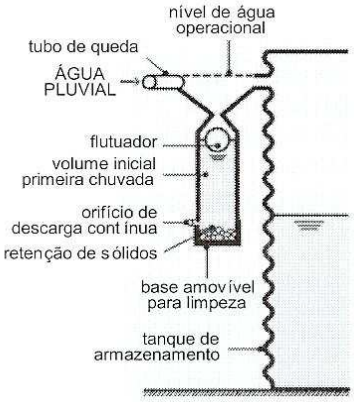


Figura 2.11- Esquema de um desviador de primeiro fluxo (Almeida *et al.*, 2006)

O dispositivo de filtração, colocado normalmente mesmo antes do tanque de armazenamento, é uma caixa constituída por um filtro normal e vários filtros que removem os detritos mais pequenos no caso de sistemas que usam a rega gota-a-gota.

Todos os dispositivos de filtração devem ser limpos. Sem manutenção apropriada, eles não só ficam obstruídos e restringem o fluxo de água pluvial, como também contribuem para o desenvolvimento de microrganismos patogénicos (TWDB, 2005).

No mercado português encontram-se disponíveis filtros como os apresentados como exemplares na Figura 2.12, para diferentes dimensões de áreas de captação. Nestes exemplos, a água com resíduos é encaminhada para o sistema separativo pluvial enquanto que a água filtrada é conduzida ao tanque.

a) 3P filtro de grande capacidade até 350 m^2

b) 3P filtro para grandes instalações até 2350 m^2

c) 3P Rainus até 70 m^2 d) 3P filtro de cartucho FC até 150 m^2

Figura 2.12- Exemplos de filtros disponíveis no mercado português (Ecoágua, 2007b)

A título indicativo, segundo Bertolo (2006), um filtro 3P Rainus da 3P Technik ou equivalente apresenta um custo de cerca de 85 €.

2.7.5 Armazenamento

No caso do aproveitamento de águas pluviais em sistemas residenciais ou outras instalações de maior dimensão, o tipo de armazenamento usado é o tanque de armazenamento ou cisterna. Este elemento de armazenamento é o componente mais caro de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial. Em geral, é recomendado que os tanques de armazenamento sejam opacos, para inibir o crescimento de algas, e cobertos e arejados para evitar o desenvolvimento de mosquitos. Também devem ser protegidos da radiação directa do sol (TWDB, 2005).

Actualmente, os tanques mais comuns utilizados em Portugal são construídos em PEAD ou em betão armado. Na Figura 2.13 apresentam-se dois exemplos de tanque em PEAD.

Figura 2.13- Depósito horizontal e depósito horizontal de grande capacidade para enterrar (Rotoport, 2007)

O tamanho do tanque de armazenamento depende de vários factores, nomeadamente, do regime de precipitação local, dos usos, da área da superfície de captação, das preferências estéticas e pessoais e do orçamento disponível (TWDB, 2005).

Existem duas categorias de tanques de armazenamento: os tanques superficiais e os tanques enterrados ou semi-enterrados (Smet, 2003). O tanque enterrado ou instalado no interior de uma

instalação (*e.g.* cave) é mais adequado, porque sem luz e sem calor, a actividade biológica é reduzida.

Na Tabela 2.9 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização dos tanques enterrados ou semi-enterrados e superficiais no aproveitamento de água pluvial.

Tabela 2.9- Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques (DTU, 2003)

	Vantagens	Desvantagens
Tanques superficiais	✓ Permite a detecção de fugas; ✓ A água pode ser retirada por acção da gravidade ou através de uma torneira; ✓ Pode ser colocado acima do nível do solo de forma a aumentar a pressão da água.	✓ Ocupação de área potencialmente associada a outros usos; ✓ Geralmente, é mais caro; ✓ A radiação directa do sol e o ar podem levar ao aparecimento de bactérias, algas e mosquitos.
Tanques enterrados/semi-enterrados	✓ A terra localizada à volta do tanque possibilita uma melhor sustentação deste, permitindo que a espessura das paredes seja mais fina e, deste modo, que os custos sejam inferiores; ✓ É mais difícil de esvaziar se se deixar a torneira aberta; ✓ Não dá nas vistas, é discreto; ✓ A água é fresca; ✓ Alguns utilizadores preferem porque se assemelha a um poço; ✓ Sem luz e sem calor, a actividade biológica é reduzida.	✓ A extracção de água é mais complicada, requerendo, muitas vezes, o recurso de bombas; ✓ As fugas são difíceis de detectar; ✓ Maior probabilidade de contaminação da água do tanque devido à água proveniente do solo ou de inundações; ✓ A estrutura pode ser danificada por raízes de árvores ou pela subida das águas subterrâneas; ✓ Se o tanque não for devidamente coberto pode apresentar riscos de acidentes com crianças ou a água ser contaminada com pequenos animais; ✓ Pode acontecer que veículos pesados danifiquem o tanque; ✓ É mais difícil de esvaziar para limpeza.

2.7.6 Distribuição

A distribuição da água pluvial pode ser efectuada por gravidade ou por bombagem.

A distribuição por gravidade consiste no transporte da água pluvial até ao seu uso final por acção da gravidade. Em contrapartida, a distribuição por bombagem consiste no transporte da água pluvial com recurso a uma bomba. Qualquer bomba pode ser utilizada num sistema de captação e armazenamento de água pluvial desde que a mesma seja convenientemente dimensionada para o efeito.

Algumas soluções comercializadas permitem o uso alternado de forma automática entre o tanque de água pluvial e a rede de distribuição, consoante a disponibilidade de água no tanque.

Na Tabela 2.10 são facultados os custos de algumas bombas comercializadas em Portugal, incluindo o sistema de uso alternativo de água da rede pública (o sistema RMQ).

Tabela 2.10- Custos das bombas fornecidos pela Grundfos

Designação da bomba	Preços de Venda ao Público (€)
RMQ 3-45-A	2008
CH 4-40	279
CHV 4-40	307
CHV 4-50	345
JP6 Booster	420
CH 8-30	369
CH 8-40	451

2.7.7 Tratamento

Para o caso dos sistemas não potáveis, o tratamento consiste apenas numa filtração simples, com o crivo de folhas nas caleiras e o dispositivo de filtração. No entanto, para a rega gota-a-gota planeada, uma filtração de partículas de menores dimensões poderá ser necessária para impedir a obstrução dos emissores (TWDB, 2005).

Como o presente trabalho só abrange os sistemas não potáveis, a etapa do tratamento do aproveitamento de água pluvial não é muito relevante neste caso específico.

2.8 Qualidade da água pluvial

Em geral, a água pluvial possui uma qualidade razoável para usos não potáveis, sendo necessário efectuar algum tratamento para evitar o mau funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial. Os motivos subjacentes a este facto são descritos em seguida.

Os factores que afectam a qualidade da água são: a matéria particulada, matéria orgânica e outros resíduos; os materiais da superfície de captação e os materiais dos tanques (TWDB, 2005).

Matéria particulada, matéria orgânica e outros resíduos: A matéria particulada inclui poeiras e fuligem suspensa no ar. As partículas finas podem ser emitidas pela combustão industrial e residencial, pelo exaustor dos veículos, pelas queimadas agrícolas controladas e pelas tempestades de areia. Como a água pluvial cai através da atmosfera, esta pode incorporar estas partículas. A matéria orgânica abrange bactérias, fungos, algas, folhas e ramos de árvore, restos de animais mortos, matéria fecal e outra matéria orgânica e/ou poeira que se encontram na superfície de captação e atingem o tanque. Além da matéria particulada poder conter matéria orgânica, existem outros elementos como os nitratos que podem estar presentes na água pluvial. Nas áreas agrícolas, a água pluvial pode conter uma concentração elevada de nitratos devido à existência de resíduos de fertilizantes na atmosfera. Também, as poeiras derivadas dos solos ricos em cálcio podem aumentar a dureza da água. A água dura tem um elevado índice mineral sobre a forma de carbonatos de cálcio e magnésio. Nas áreas industriais, as amostras de água pluvial podem ter concentrações mais elevadas de sólidos suspensos e pode haver uma maior turvação devido ao aumento da quantidade de matéria particulada do ar (Thomas *et al.*, 1993; TWDB, 2005).

Superfície de captação: Quanto maior for o número de dias secos (dias sem chuva), mais restos de matéria orgânica são lavados do telhado pela chuva (Thomas e Grenne, 1993; entre outros). Convém que os ramos das árvores sejam cortados para evitar que haja lixo proveniente de árvores no sistema e para impedir o acesso de lagartos e roedores ao telhado (TWDB, 2005).

Tanques: Quanto mais eficiente for a filtração da água antes desta atingir o tanque de armazenamento, menor sedimentação e introdução de matéria orgânica haverá dentro do mesmo. A sedimentação, se significativa, reduz o volume útil dos tanques e a existência da matéria vegetal e animal poderá afectar a cor da água para além de fornecer nutrientes para os microrganismos. Muitos tanques de armazenamento estão equipados com aberturas para permitir o acesso para limpeza. Os sedimentos e as lamas podem ser bombeadas ou extraídas por um sifão sem ter que se drenar o tanque periodicamente. Quando existem vários tanques ligados é possível limpar um desses tanques fechando a válvula de ligação com a conduta que une o tanque ao que se pretende limpar (TWDB, 2005).

2.9 Viabilidade da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial

2.9.1 Análise SWOT

A partir da revisão bibliográfica efectuada anteriormente, recorre-se à análise SWOT para sintetizar os principais aspectos relevantes para a análise de viabilidade da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

SWOT é um acrónimo utilizado para ***S****trenghts,* ***W****eaknesses,* ***O****pportunities e* ***T****hreats.* A análise SWOT é uma ferramenta de diagnóstico e planeamento estratégico que permite fazer uma avaliação de equipas, empresas, organizações ou indivíduos, assim como das respectivas envolventes, precisamente no que diz respeito aos seus Pontos Fortes (*Strenghts),* Pontos Fracos (*Weaknesses),* Oportunidades (*Opportunities)* e Ameaças (*Threats)* (Wikipédia, 2008c).

Os pontos fortes e os pontos fracos estão essencialmente associados ao contexto interno. As oportunidades e as ameaças associam-se tipicamente ao contexto externo.

Tendo por base estes itens, obtiveram-se os resultados da Tabela 2.11.

Tabela 2.11- Resultados obtidos na análise SWOT

Pontos Fortes	Pontos Fracos
• Reduz o consumo de água da rede pública e o custo associado; • Reduz os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água; • Reduz o volume de água pluvial lançado no sistema de águas residuais e pluviais, contribuindo para controlar as cheias, a eficiência da ETAR e a descarga de água potencialmente poluída no meio receptor; • Diminui a dependência que existe das reservas de água subterrânea que quando sobre-exploradas esgotam; • As tecnologias são simples de instalar e fáceis de manusear, o que reduz os custos de instalação e manutenção; • As componentes e os materiais necessários estão disponíveis no mercado; • A rega com água sem cloro é benéfica para as plantas.	• Limitação da quantidade de água pluvial aproveitada no tanque devido à variabilidade temporal da precipitação; • O sistema poderá implicar um investimento inicial significativo; • Ausência de legislação nacional que regulamente especificamente o aproveitamento de água pluvial.
Oportunidades	**Ameaças**
• Inovações tecnológicas têm vindo a reduzir o custo de investimento; • O mercado do aproveitamento de água pluvial tem aumentado e está disponível um maior número de soluções; • No âmbito das alterações climáticas, a diminuição da disponibilidade de água vem reforçar a necessidade deste tipo de sistemas.	• Existência de legislação nacional que surge como obstáculo à viabilização desta técnica (o DL 23/95 proíbe a utilização de água não potável em redes prediais, nomeadamente, em autoclismos; nalguns regulamentos municipais não é permitida a ligação de poços ou de outras origens de água à canalização interior dos prédios); • Existem dispositivos, sistemas e equipamentos que não estão certificados, logo se as soluções não tiverem qualidade pode haver um desinteresse no uso da água pluvial; • Falta de informação por parte das pessoas poderá levar à não aceitação desta técnica; • A concentração e intensificação dos fenómenos de precipitação vai exigir uma maior capacidade de transporte da superfície de captação até ao tanque e um maior volume de tanque para enfrentar os períodos secos que tendencialmente serão mais secos.

Observando a tabela, é possível constatar que o aproveitamento de água pluvial é uma técnica com vários pontos fortes quando comparados com os pontos fracos e como tal pode-se partir do princípio que a sua aplicação poderia trazer enormes vantagens à resolução de problemas como por exemplo a escassez de água potável, sem graves consequências para o ambiente e para as pessoas.

2.9.2 Simuladores para avaliação de soluções SAAP

O simulador deste trabalho foi elaborado tendo por base outras aplicações já existentes para análise da viabilidade dos SAAP, nomeadamente, o simulador *RainCycle* (2005) e o programa descrito no Manual do TWDB (2005). No entanto, existem outras aplicações mais simplísticas que se resumem a

folhas de cálculo em Excel às quais estão associadas algoritmos que apenas calculam o volume de água pluvial que atinge o tanque e pouco mais, além de não ser efectuada qualquer análise económica. Estes são facilmente encontrados na Internet e estão na sua maioria associados a empresas que pretendem fazer publicidade aos SAAP por elas comercializadas, a entusiastas da conservação da água e a páginas na internet de interesse para o desenvolvimento sustentável, sem um fundamento científico mais sólido.

Na Tabela 2.12 são apresentados e sintetizados os modelos académicos/científicos de maior interesse encontrados que apenas efectuam a análise hidráulica (balanço de volumes) para os sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Tabela 2.12- Modelos informáticos existentes para análise hidráulica do SAAP (Roebuck *et al.*, 2006)

Referência	Descrição
Jenkins *et al.* (1978)	Modelo comportamental que abrange dois algoritmos que descrevem a operação de uma estrutura de armazenamento de água pluvial: Rendimento Depois do Armazenamento (RDA) e Rendimento Antes do Armazenamento (RAA). Jekins *et al.* (1978) utiliza o RDA e um intervalo de tempo mensal para investigar a melhoria do armazenamento de água pluvial na América do Norte.
Dixon (1999)	Modelo de um sistema de aproveitamento de água pluvial para prever a qualidade da água e a eficiência da poupança de água. Também inclui alguns elementos estocásticos para criar perfis do consumo de água e um elemento básico para os custos do ciclo de vida.
Fewkes (1999); Fewkes and Butler (1999); Fewkes and Warm (2001)	Fewkes (1999) desenvolveu vários modelos baseados no método do RDA descrito por Jekins *et al.* (1978). Fewkes and Warm (2001) descreveram um método de modelação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em onze diferentes localizações no Reino Unido. Foram utilizadas estatísticas da precipitação diária e um passo temporal diário para prever as eficiências de poupança.
Day (2002); Ratcliffe (2002)	Projecto de aproveitamento de água pluvial levado a cabo pelo *Telford and Wrenkin Council* (Reino Unido). Foi efectuada uma monitorização da utilização do sistema de drenagem do aproveitamento de água pluvial e da qualidade da água. Os dados do consumo de água foram usados para construir um modelo do sistema.
Cobley (2004)	Descreve um método simples para estimar o armazenamento máximo necessário tendo por base as taxas de consumo e a ocupação do edifício. Semelhante em muitos aspectos aos modelos básicos disponíveis na internet.

Em relação à análise económica, os simuladores encontrados que têm tal aspecto em consideração são: o modelo descrito por Dixon (1999) (que é muito elementar) e o simulador *RainCycle* (2005).

A ferramenta informática *RainCycle* é um simulador de fácil utilização, elaborado numa folha de cálculo em *Excel,* que permite modelar e analisar a instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios domésticos, comerciais, públicos ou industriais. Esta ferramenta inclui um modelo hidráulico detalhado de um típico sistema de aproveitamento de água pluvial e também tem a capacidade de contabilizar explicitamente a maioria dos custos associados a estes sistemas (RainCycle Advanced, 2005; Roebuck *et al.*, 2006; SUD Solutions, 2005; SUD Solutions, 2006). O

simulador *RainCycle* constitui um grande avanço para a avaliação da viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Contudo, no cálculo do volume de água pluvial que atinge o tanque é utilizada a precipitação anual, o que constitui uma limitação na caracterização do regime normal da precipitação local e poderá conduzir a resultados menos realísticos. O ideal seria utilizar a precipitação diária.

No Manual do TWDB (2005) é apresentada uma folha de cálculo em *Excel* que efectua os cálculos do balanço de água para o dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Esta ferramenta informática está bastante incompleta, porque não tem em consideração a análise económica do sistema de aproveitamento de água pluvial. Além disso, no balanço dos volumes é utilizada a precipitação mensal, o que mais uma vez conduzirá a valores não tão exactos do que seria de esperar se se utilizasse a precipitação diária.

Com vista a ultrapassar algumas das lacunas encontradas nas ferramentas informáticas já existentes, procurou-se desenvolver neste trabalho um simulador que permitisse calcular o balanço dos volumes, recorrendo à precipitação diária num período em análise de 10 anos (séries de precipitação diária de 10 anos) e utilizando dados locais, e efectuar uma análise económica do sistema.

3 Elaboração do simulador

3.1 Definição da metodologia para o desenvolvimento do simulador

Neste capítulo, é definida a metodologia que serve de base à elaboração do simulador e é efectuada uma breve descrição da sua estrutura.

A metodologia seguida na realização deste simulador é a seguinte:

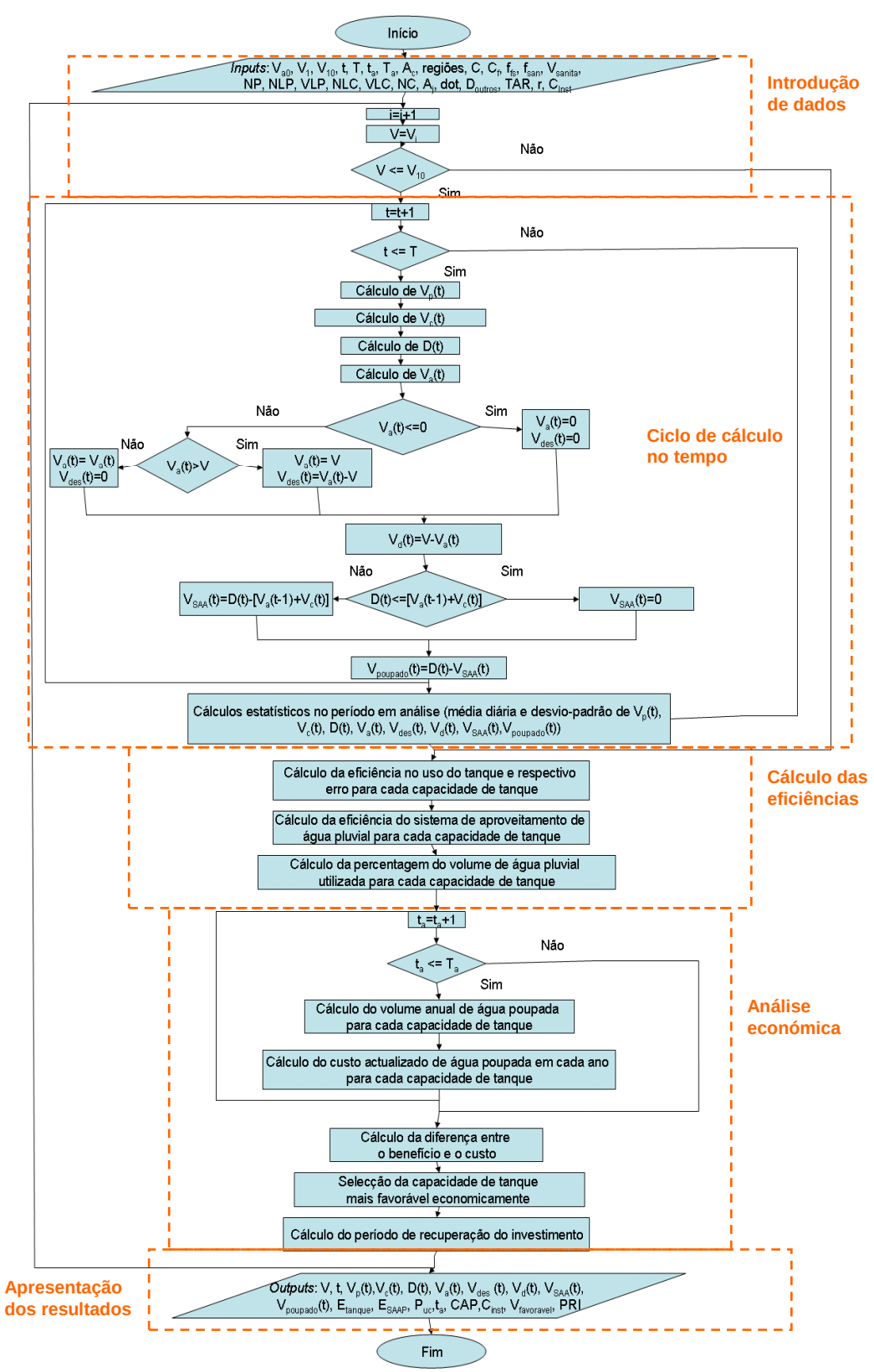
- Definição do algoritmo de cálculo tendo por base o simulador *RainCycle* (2005), a folha de cálculo em *Excel* do TWDB (2005), o livro de Plínio Tomaz (2003) e a página na Internet do IAPMEI (2001).
- Elaboração do fluxograma correspondente ao algoritmo anterior e definição de variáveis.
- Compilação das séries de precipitação registada em várias regiões do país.
- Programação do simulador em *Visual Basic for Applications* (VBA) em ambiente *Excel*.
- Execução de testes para verificação do simulador.
- Execução da versão final.

3.2 Descrição da estrutura do simulador

3.2.1 Estrutura geral

A estrutura geral adoptada é apresentada na Figura 3.1, onde se representa o fluxograma do simulador. Nos subcapítulos 3.2.2 a 3.2.6 apresentam-se os módulos e o método de cálculo utilizado.

Na aplicação incluem-se, ainda, duas folhas de cálculo introdutórias, uma que constitui a página de rosto (Figura 3.2) e outra onde se disponibilizam as instruções de uso para o utilizador (Figura 3.3).



Comentário

Introdução de dados

Ciclo das capacidades de tanque

Ciclo do tempo em dias

Cálculo do volume de água precipitado na superfície de captação
Cálculo do volume de água captado pelo SAAP
Cálculo do consumo diário
Cálculo do volume de água pluvial armazenado

Cálculo do volume de água pluvial em excesso no tanque

Cálculo do volume disponível no tanque

Cálculo do volume de água utilizado do sistema de abastecimento de água

Cálculo do volume de água poupado
Cálculo da média diária e do desvio-padrão dos volumes anteriores no período em análise de 10 anos
Cálculo da eficiência do uso do tanque

Cálculo da eficiência do SAAP
Cálculo da percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável

Cálculo do volume anual de água poupada

Cálculo do custo actualizado de água poupada

Cálculo da diferença entre o benefício e o custo
Determinação da capacidade de tanque economicamente mais favorável

Cálculo do período de recuperação do investimento

Apresentação dos resultados

Figura 3.1- Fluxograma geral do simulador com os respectivos módulos considerados

Figura 3.2- Folha *Excel* do simulador referente à página de rosto

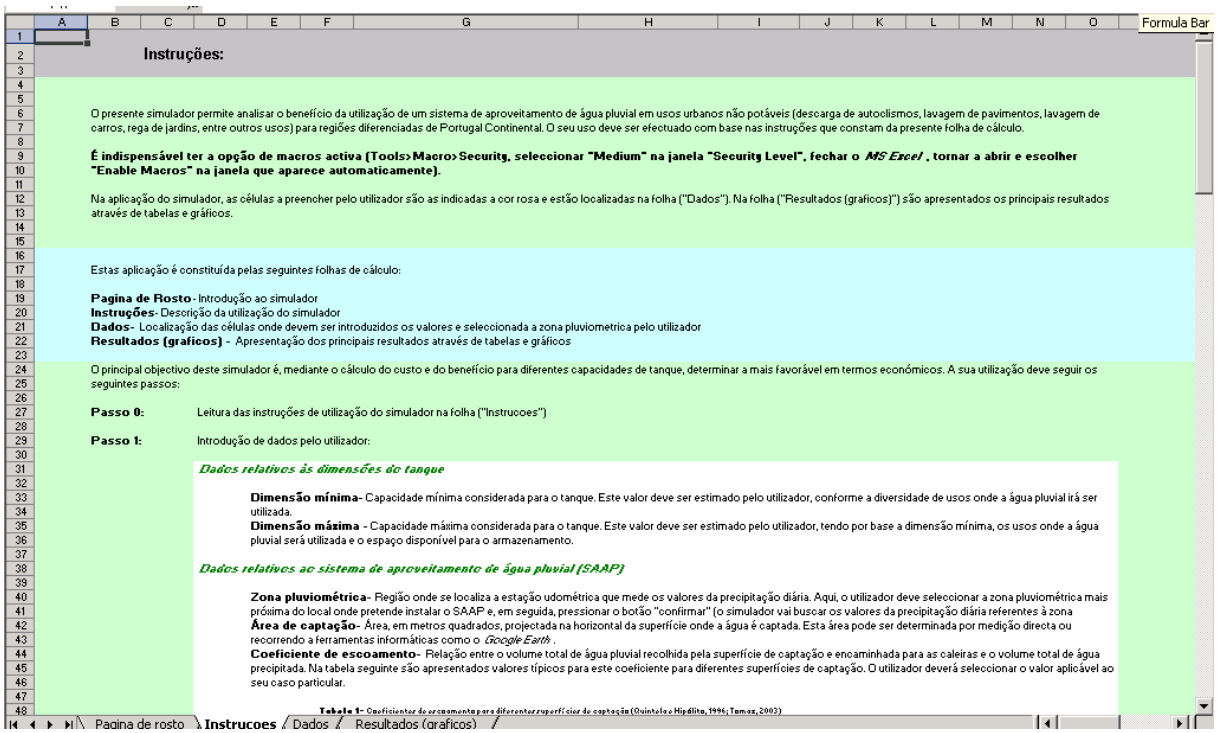
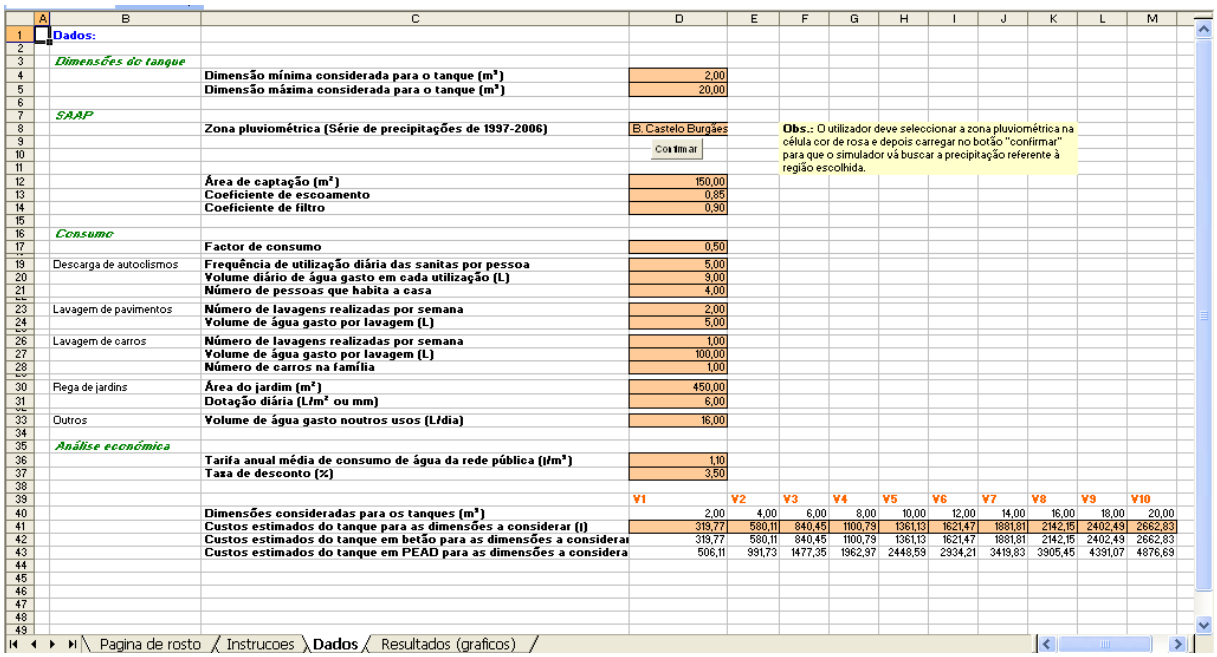


Figura 3.3- Folha *Excel* do simulador referente às instruções do mesmo

3.2.2 Módulo de introdução de dados

Nesta etapa, o utilizador deve proceder à introdução dos dados no simulador seguindo as instruções presentes no mesmo numa folha auxiliar de instruções. Na Figura 3.4 apresenta-se a folha *Excel* do simulador referente à introdução de dados.



1	Dados:											
3	*Dimensões do tanque*											
4		Dimensão mínima considerada para o tanque (m³)	2,00									
5		Dimensão máxima considerada para o tanque (m³)	20,00									
7	*SAAP*											
8		Zona pluviométrica (Série de precipitações de 1997-2006)	B. Castelo Burgães									
9			Confirmar									
12		Área de captação (m²)	150,00									
13		Coeficiente de escoamento	0,85									
14		Coeficiente de filtro	0,90									
16	*Consumo*											
17		Factor de consumo	0,50									
19	Descarga de autoclismos	Frequência de utilização diária das sanitas por pessoa	5,00									
20		Volume diário de água gasto em cada utilização (L)	9,00									
21		Número de pessoas que habita a casa	4,00									
23	Lavagem de pavimentos	Número de lavagens realizadas por semana	2,00									
24		Volume de água gasto por lavagem (L)	5,00									
26	Lavagem de carros	Número de lavagens realizadas por semana	1,00									
27		Volume de água gasto por lavagem (L)	100,00									
28		Número de carros na família	1,00									
30	Rega de jardins	Área do jardim (m²)	450,00									
31		Dotação diária (L/m² ou mm)	6,00									
33	Outros	Volume de água gasto noutros usos (L/dia)	16,00									
35	*Análise económica*											
36		Tarifa anual média de consumo de água da rede pública (€/m³)	1,10									
37		Taxa de desconto (%)	3,50									
39			V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
40		Dimensões consideradas para os tanques (m³)	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
41		Custos estimados do tanque para as dimensões a considerar (€)	319,77	580,11	840,45	1100,79	1361,13	1621,47	1881,81	2142,15	2402,49	2662,83
42		Custos estimados do tanque em betão para as dimensões a considerar	319,77	580,11	840,45	1100,79	1361,13	1621,47	1881,81	2142,15	2402,49	2662,83
43		Custos estimados do tanque em PEAD para as dimensões a considera	506,11	991,73	1477,35	1962,97	2448,59	2934,21	3419,83	3905,45	4391,07	4876,69

Obs.: O utilizador deve seleccionar a zona pluviométrica na célula cor de rosa e depois carregar no botão "confirmar" para que o simulador vá buscar a precipitação referente à região escolhida.

Pagina de rosto / Instrucoes / Dados / Resultados (graficos)

Figura 3.4- Folha *Excel* do simulador referente à introdução de dados

Os dados introduzidos nesta folha incluem:

- Dimensões do tanque (dimensão mínima e dimensão máxima);
- Dados referentes ao SAAP (zona pluviométrica, área de captação, coeficiente de escoamento e coeficiente de filtro);
- Dados relativos ao consumo (factor de consumo, frequência de utilização diária das sanitas por pessoa, volume diário de água gasto em cada utilização, número de pessoas que habita a casa, número de lavagens de pavimento realizadas por semana, volume de água gasto por lavagem de pavimento, número de lavagens de carros realizadas por semana, volume de água gasto por lavagem de carro, número de carros na família, área do jardim, dotação diária e volume de água gasto noutros usos);
- Dados associados à análise económica (tarifa anual média de consumo de água da rede pública, taxa de desconto e custo estimado do tanque para as dimensões a considerar).

Capacidades de armazenamento a testar

Os cálculos são efectuados para dez valores de capacidade de armazenamento (V_1 a V_{10}). Assim, a partir dos limites dados pelo utilizador, dimensão mínima e dimensão máxima, são determinadas as capacidades a utilizar nos cálculos. Para tal, recorre-se ao ciclo de cálculo seguinte:

$$V_{\min} = V_1$$
$$V_{\max} = V_{10}$$
$$V_{i+1} = V_i + \left(\frac{V_{\max} - V_{\min}}{9} \right), i = 1,..,10$$

V_{min}- dimensão mínima considerada para o tanque (m^3);
V_{max}- dimensão máxima considerada para o tanque (m^3);
$V_{i,\ i=1\ a\ 10}$-volumes considerados para a dimensão do tanque (m^3).

Zona pluviométrica

A zona pluviométrica é a região onde se localiza a estação udométrica que mede os valores da precipitação diária.

Na folha dos dados, o utilizador deve seleccionar a zona pluviométrica na qual habita. Cada zona está associada à precipitação diária correspondente. Ao todo, incluiram-se 42 zonas pluviométricas de Portugal Continental.

3.2.3 Ciclo de cálculo no tempo

A simulação é feita para cada uma das dez capacidades estabelecidas para o tanque, sendo o balanço de volumes calculado, dia a dia, durante um período de 10 anos (1997-2006).

A adopção do intervalo dia nos cálculos permite a obtenção de valores para o benefício mais próximos da realidade. No entanto, admitem-se hipóteses simplificativas no balanço entre os usos e a captação da precipitação. Por exemplo, admite-se que não são contabilizadas as perdas eventuais decorrentes da insuficiência do sistema de transporte em eventos com uma elevada intensidade de precipitação. Assim sendo, assume-se que na aplicação elaborada o sistema de transporte tem a capacidade para aduzir o volume precipitado (deduzidas as perdas iniciais) para o tanque mesmo em fenómenos intensos de precipitação.

Neste ciclo estão incorporados os módulos de cálculo que são descritos seguidamente: o módulo de cálculo do volume captado, o módulo de cálculo do consumo e o módulo de cálculo do volume de água pluvial armazenada no tanque.

Módulo de cálculo do volume captado

Neste módulo determinam-se os volumes de precipitação diários e os volumes captados pelo SAAP.

O volume diário precipitado na superfície de captação (V_p (t)) é determinado pela equação:

$$V_p(t) = P(t) \times A_c \qquad (m^3)$$

O cálculo do volume de água pluvial captado diariamente pelo sistema (volume útil) é obtido a partir do volume de precipitação diário, de onde são deduzidas as perdas. Assim, o volume útil captado (V_c(t)) é obtido com a expressão:

$$V_c(t) = P(t) \times A_c \times C \times C_f \qquad (m^3)$$

P(t) – precipitação diária (m);

A_c – área de captação (telhado ou outras superfícies de captação) (m^2);

C – coeficiente de escoamento;

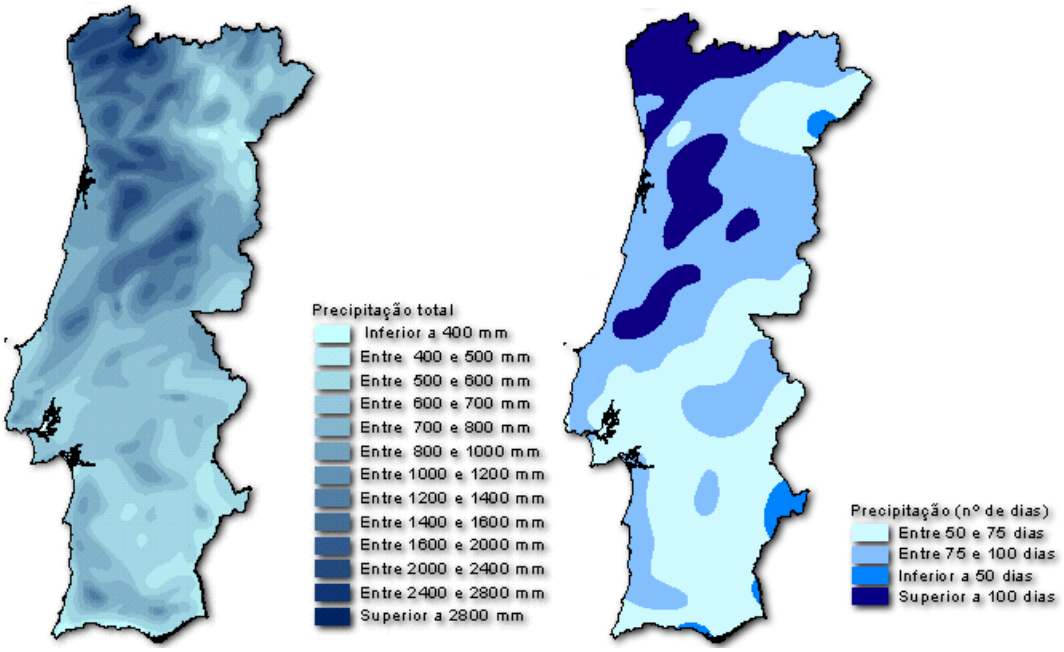
C_f – coeficiente de filtro.

Seguidamente, apresentam-se os detalhes relativos às várias variáveis consideradas nas expressões.

Precipitação

A precipitação média anual tem uma distribuição não uniforme ao longo do território português (Figura 3.5 - A), que pode ir desde os 450 mm em Faro, até aos 3000 mm na Serra do Gerês, isto é, os valores totais da precipitação decrescem de Norte para Sul e da costa para o interior.

A cordilheira central divide o território em duas regiões pluviometricamente distintas: a norte do sistema a precipitação é abundante e distribuída ao longo de todo o ano, com o máximo em Dezembro e o mínimo em Julho; a sul a precipitação é menos abundante e ocorre principalmente nos meses de Outono, Inverno e Primavera. Como excepção a esta regra existe a região do vale do Douro, onde a precipitação é semelhante à ocorrida na região a sul do sistema montanhoso central, uma vez que as montanhas do Minho constituem um obstáculo ao normal deslocamento dos sistemas de tempo que vêm de Noroeste (Pequeno, 2006).



A **B**

Figura 3.5- A: Mapa da precipitação média anual total; **B:** Mapa da precipitação (n.º dias do ano) (IA, 2003)

Na Figura 3.5 – B, apresenta-se a variação do número de dias de precipitação no continente português que é consideravelmente superior a norte da cordilheira central do que a sul desta.

Para o cálculo dos volumes anteriores recorre-se às séries históricas das precipitações diárias locais de 1997 a 2006 que foram retiradas da página do SNIRH, para os seguintes postos: Abrantes,

Amarante, Barragem de Castelo de Burgães, Barragem da Bravura, Barragem de Magos, Barragem do Caia, Barcelos, Castelo de Vide, Castro D' Aire/Lamelas, Castro Verde, Cela, Chouto, Covilhã, Deilão, Escalhão, Folgares, Grândola, Ladoeiro, Martim Longo, Moinhola, Pavia, Pega, Pinelo, Pinhel, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Portelinha, Pragança, Rego da Murta, Reguengos, Relíquias, Rio Torto, S. Julião do Tojal, S. Brás de Alportel, Serpa, Soure, Santa Comba Dão, Santa Marta da Montanha, Travancas, Viana do Alentejo, Vila Velha de Ródão e Vila Viçosa.

O utilizador deve seleccionar o posto correspondente à região do caso de aplicação.

Área de captação

A área de captação é a área em metros quadrados projectada na horizontal da superfície onde a água é captada.

A água pluvial pode ser captada a partir dos telhados das habitações ou outras superfícies de captação como por exemplo, os pavimentos.

A área de captação pode ser determinada pelo utilizador por medição directa ou recorrendo por exemplo a outras ferramentas como o *Google Earth*.

Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento representa a relação entre o volume total de água pluvial recolhida pela superfície de captação e encaminhada para as caleiras e o volume total de água precipitada.

Na Tabela 3.1 são apresentados valores típicos de coeficientes de escoamento para diferentes tipos de superfícies. O utilizador deverá seleccionar o valor aplicável ao seu caso particular.

Tabela 3.1– Coeficientes de escoamento para diferentes superfícies de captação (Quintela e Hiipólito, 1996; Tomaz, 2003)

Superfície de captação	Coeficiente de escoamento
Telhados:	
✓ Telhas cerâmicas	0,80 - 0,90
✓ Telhas esmaltadas	0,90 - 0,95
✓ Telhas corrugadas de metal	0,80 - 0,90
✓ Cimento, amianto	0,80 - 0,90
✓ Plástico, PVC	0,90 - 0,95
Relvados:	
✓ Solo arenoso, plano, 2%	0,05 – 0,10
✓ Solo arenoso, declive médio, 2-7%	0,10 – 0,15
✓ Solo arenoso, declive grande, 7%	0,15 - 0,20
Zonas de comércio:	
✓ Áreas centrais	0,70 - 0,95
✓ Áreas periféricas	0,50 – 0,70
Zonas residenciais:	
✓ Áreas de moradias	0,30 – 0,50
✓ Blocos de residenciais afastados	0,40 – 0,60
✓ Blocos residenciais próximos	0,60 – 0,75
✓ Áreas suburbanas	0,25 – 0,40
✓ Áreas de apartamentos	0,50 – 0,70
Zonas industriais:	
✓ Áreas dispersas	0,50 – 0,80
✓ Áreas densas	0,60 – 0,90
Parques, cemitérios	0,10 – 0,25
Parques de jogos	0,20 – 0,35
Zonas de parques ferroviários	0,20 – 0,40
Zonas não aproveitadas	0,10 – 0,30
Ruas	
✓ Asfaltadas	0,70 – 0,95
✓ Betonadas	0,80 – 0,95
Vias para automóveis e peões	0,75 – 0,85

As perdas neste processo devem-se, sobretudo, à retenção da água pluvial em depressões, à evaporação ou às fugas da superfície de captação.

Coeficiente de filtro

O coeficiente de filtro é dado pela razão entre o volume total de água pluvial filtrada e que atinge o tanque e o volume total de água pluvial que chega ao filtro, portanto as perdas no filtro reflectem o volume de água que é descarregada, normalmente, para o sistema de águas residuais ou pluviais.

Um valor típico para o coeficiente de filtro é 0,90.

Módulo de cálculo do consumo

Neste módulo estima-se o consumo diário de água na instalação em usos compatíveis com a utilização de água pluvial, ou seja, que não necessitam de água potável.

Os usos não potáveis abrangidos pelo simulador são, entre outros (D_{outros}), a descarga de autoclismos ($D_{autoclismos}$), a lavagem de pavimentos ($D_{pavimentos}$), a lavagem de carros (D_{carros}) e a rega de jardins ($D_{jardins}$). Assim, o consumo diário total de água na instalação (D(t)) é calculado pela equação:

$$D(t) = D_{autoclismos} + D_{pavimentos} + D_{carros} + D_{jardins} + D_{outros} \qquad (m^3)$$

Dado que, dependendo da instalação, o consumo pode variar entre dias úteis e fins de semana, inclui-se a possibilidade de alterar o consumo de fim de semana com um factor, aqui designado por factor do consumo, f_{fs}, introduzido pelo utilizador. Se não for alterado, considera-se o consumo

semelhante em todos os dias da semana (f_{fs}=1). Este factor não se aplica à rega de jardins, uma vez que se admite que a mesma é automática.

Os dados para o cálculo do consumo são introduzidos pelo utilizador, consoante aplicável ao seu caso. Em seguida, são descritas detalhadamente as várias parcelas da equação anterior.

Consumo diário de água na descarga de autoclismos

O consumo diário de água na descarga de autoclismos ($D_{autoclismos}$) é determinado do seguinte modo:

$$D_{autoclismos} = \frac{f_{san} \times V_{sanita} \times NP}{1000} \qquad (m^3)$$

onde:

f_{san}-frequência média de utilização diária das sanitas por pessoa;
V_{sanita}- volume diário de água gasto em cada utilização (L);
NP - número de pessoas que habita a casa.

O volume em cada utilização coincide com a capacidade do depósito do autoclismo que deverá ser verificada pelo utilizador. Nas instruções do simulador é recomendado um procedimento de acordo com o seguido em Mayer *et al.* (2001) e Bertolo (2006).

Consumo diário de água na lavagem de pavimentos

O consumo diário de água na lavagem de pavimentos ($D_{pavimentos}$) é dado pela expressão:

$$D_{pavimentos} = \frac{NLP \times VLP}{7 \times 1000} \qquad (m^3)$$

NLP- número de lavagens de pavimentos realizadas por semana;
VLP- volume de água gasto por lavagem de pavimento (L).

Consumo diário de água na lavagem de carros

O consumo diário de água na lavagem de carros (D_{carros}), obtém-se pela equação:

$$D_{carros} = \frac{NLC \times VLC \times NC}{7 \times 1000} \qquad (m^3)$$

NLC- número de lavagens de carros realizadas por semana;
VLC- volume de água gasto por lavagem de carro (L);
NC- número de carros na família.

Consumo diário de água na rega de jardins

Em relação à rega de jardins, considera-se que a dotação diária (volume de água usada na rega por área de jardim) é 6 mm (dotação média diária de Portugal) enquanto que a área do jardim varia de situação para situação, podendo ser determinada pelo utilizador tanto por medição directa como através do *Google Earth*. O consumo diário de água na rega de jardins ($D_{jardins}$) é determinado pela fórmula:

$$D_{jardins} = \frac{A_j \times dot}{1000} \qquad (m^3)$$

A_j- área do jardim (m^2);
dot- dotação diária (L/m^2).

Nos dias em que a precipitação é maior ou igual à dotação, assume-se que não é activada a rega.

Consumo diário de água noutros usos

A água pluvial pode, ainda, ser utilizada em outros usos não previstos no simulador pelo que o utilizador pode incorporar um volume adicional de consumo diário.

Módulo de cálculo do volume de água pluvial armazenado

Neste módulo é efectuado o balanço diário dos volumes e calculados os volumes armazenados de água pluvial no tanque em cada dia, os volumes disponíveis no tanque, os volumes de água utilizados do sistema de abastecimento de água e os volumes de água pluvial usados nos usos compatíveis com a utilização de água não potável.

O volume de água pluvial armazenado no tanque ($V_a(t)$) é dado por:

$$V_a(t) = V_a(t-1) + V_c(t) - D(t), t = 1,...,3652 \qquad (m^3)$$

onde,
V_c (t) – volume útil captado de água pluvial (m^3);
D(t) – consumo total de água (m^3).

Se, após o cálculo, os valores sairem fora da gama admissível aplicam-se as seguintes regras:

- Se V_a (t)≤0, então $V_a(t)=0$ m^3 e $V_{des}=0$ m^3;
- Se V_a (t)>V, então $V_a(t)=V$ e $V_{des}(t) = V_a(t)-V$, em que V_{des} corresponde ao volume em excesso por o tanque estar cheio.

Como condição inicial, admite-se que $V_a(0)=0$ m^3, ou seja, que o tanque está vazio no início da simulação no período de 10 anos.

O volume não utilizado e portanto disponível no tanque ($V_d(t)$), relevante para avaliar a eficiência do uso do tanque, é dado por:

$$V_d(t) = V - V_a(t) \qquad (m^3)$$

O volume de água utilizado do sistema de abastecimento de água, corresponde à parcela de consumo que não foi possível satisfazer com a água pluvial e é, por hipótese, satisfeito através de água do sistema público de abastecimento de água. Este volume, $V_{SAA}(t)$, é calculado por:

- Se $D(t) \leq (V_a(t-1)+V_c(t))$, então $V_{SAA}(t)=0$ m^3;
- Se $D(t) > (V_a(t-1)+V_c(t))$, então $V_{SAA}(t)=D(t)-(V_a(t-1)+V_c(t))$.

O volume diário de água pluvial usado nos usos compatíveis com a utilização de água não potável é o volume diário de água poupada.

O cálculo do volume de água poupada ($V_{poupado}$ (t)), é dado por:

$$V_{poupado}(t) = D(t) - V_{SAA}(t) \qquad (m^3)$$

3.2.4 Módulo de cálculo das eficiências

A comparação dos resultados para as alternativas de dimensão do tanque é facilitada se forem utilizados índices que permitam aferir a eficiência sob diferentes pontos de vista. Neste caso foram seleccionadas as seguintes perspectivas para comparar a eficiência das alternativas:

- Eficiência no uso da capacidade de armazenamento disponível no período em análise (10 anos);
- Eficiência do sistema de aproveitamento, ou seja, eficiência indicativa do volume que é aproveitado de todo o volume que precipita na superfície de captação no período em análise (10 anos);
- Percentagem do volume de água associado a usos compatíveis com a utilização de água não potável no período em análise (10 anos). Esta percentagem é complementar da percentagem do volume de água potável utilizada para prefazer o volume total de água necessária para cobrir os usos a que se destina devido à falta de água pluvial armazenada no tanque.

Eficiência no uso do tanque

A eficiência no uso do tanque (E_{tanque}), para cada capacidade calculada, é expressa pela equação:

$$E_{\tan que} = \frac{V_{a_medio}}{V} \times 100 \qquad (\%)$$

V_{a_medio}- média no período em análise (10 anos) do volume diário de água pluvial armazenado no tanque com a capacidade V_i (m^3).

Eficiência do sistema de aproveitamento da água pluvial

Em relação à eficiência do sistema de aproveitamento da água pluvial (E_{SAAP}), esta obtém-se, para cada capacidade de tanque, através da fórmula:

$$E_{SAAP} = \frac{V_{poupado_medio}}{V_{p_medio}} \times 100 \qquad (\%)$$

$V_{poupado_medio}$- média no período em análise (10 anos) do volume diário de água poupada para cada V_i (m^3);

V_{p_medio}- média no período em análise (10 anos) do volume diário de água pluvial precipitado na superfície de captação, para cada V_i (m^3).

Percentagem do volume de água associado a usos compatíveis com a utilização de água não potável

A percentagem do volume de água associado a usos compatíveis com a utilização de água não potável, isto é, onde se utiliza água pluvial (P_{uc}) é determinada do seguinte modo, para cada capacidade de tanque:

$$P_{uc} = \frac{V_{poupado_medio}}{D_{_medio}} \times 100 \qquad (\%)$$

D_medio- média, no período em análise (10 anos), do consumo diário de água (m^3).

3.2.5 Módulo da análise económica

Neste módulo efectua-se a determinação das parcelas de custo e os benefícios considerados relevantes para seleccionar a dimensão do tanque mais favorável para cada caso.

Assim, o custo total do sistema de aproveitamento de água pluvial é a soma anual de todos os custos (custo de instalação, custo de manutenção, *etc.*) associados à instalação e operação do sistema.

Neste simulador, de modo a simplificar os cálculos, consideram-se apenas os custos do tanque, uma vez que esta componente é a mais cara de todo o sistema e a que varia significativamente com a dimensão do tanque. As restantes componentes da instalação não terão variações significativas de caso para caso.

Na Tabela 3.2 são apresentados alguns custos típicos para os tanques disponíveis no mercado português, obtidos a partir dos dados do Anexo A.

Tabela 3.2- Custos típicos para os tanques disponíveis no mercado português

Dimensão do tanque (m^3)	Custos do tanque (€)	
	PEAD	Betão
0,5	200,00	80,00
1,0	300,00	150,00
2,0	450,00	350,00
3,0	600,00	500,00
5,0	1000,00	800,00
10,0	2500,00	1650,00
15,0	4000,00	2500,00
20,0	5000,00	2650,00
25,0	6000,00	3300,00
30,0	7500,00	3500,00
35,0	8500,00	4100,00
40,0	9500,00	4500,00

No cálculo do custo de instalação, não é aplicada a taxa de desconto, porque as despesas são, apenas, referentes ao primeiro ano.

Em relação ao custo de manutenção do tanque, este é desprezado, porque não varia significativamente com o volume do mesmo.

O principal benefício resultante do aproveitamento da água pluvial é a poupança de água potável distribuída pelo sistema público.

O custo total de água poupada, para cada capacidade de tanque, é dado pelo somatório do custo de água poupada em cada ano actualizado ao ano de instalação do sistema. Assim, o custo actualizado de água poupada em cada ano ($CAP(t_a)$) obtém-se através da expressão:

$$CAP(t_a) = \frac{V_{an_agua_poupada}(t_a) \times TAR}{(1 + r/100)^{t_a}}, t_a = 0,...,9 \qquad (€)$$

t_a– tempo (anos);
r- taxa de desconto, correspondendo à taxa de actualização oficial (%);
$V_{an_agua_poupada}$- volume de água poupada no ano t_a (m^3);
TAR- tarifa média aplicada pela entidade gestora do sistema público de abastecimento de água (€/m^3).

O volume anual de água poupada é calculado através do somatório dos volumes diários de água poupada referentes a esse ano.

O balanço das parcelas, para as várias dimensões de tanque consideradas, permite determinar a melhor relação custo-benefício no horizonte em análise, de 10 anos.

A selecção da capacidade de tanque mais favorável economicamente é obtida através da relação do volume que apresenta maior valor da diferença entre o benefício e o custo.

Com base nas parcelas de custo e benefício determinadas anteriormente é possível calcular, para cada dimensão do tanque, o período de recuperação do investimento ($PRI(V_i)$), ou seja, o tempo de recuperação do capital investido, através da equação:

$$PRI(V_i) = \frac{C_{inst}(V_i)}{\frac{\sum_{t_a=0}^{10} CAP(t_a)}{10}} \qquad \text{(anos)}$$

C_{inst} (V_i) - custo de instalação para o tanque com dimensão V_i (€).

3.2.6 Módulo da apresentação dos resultados

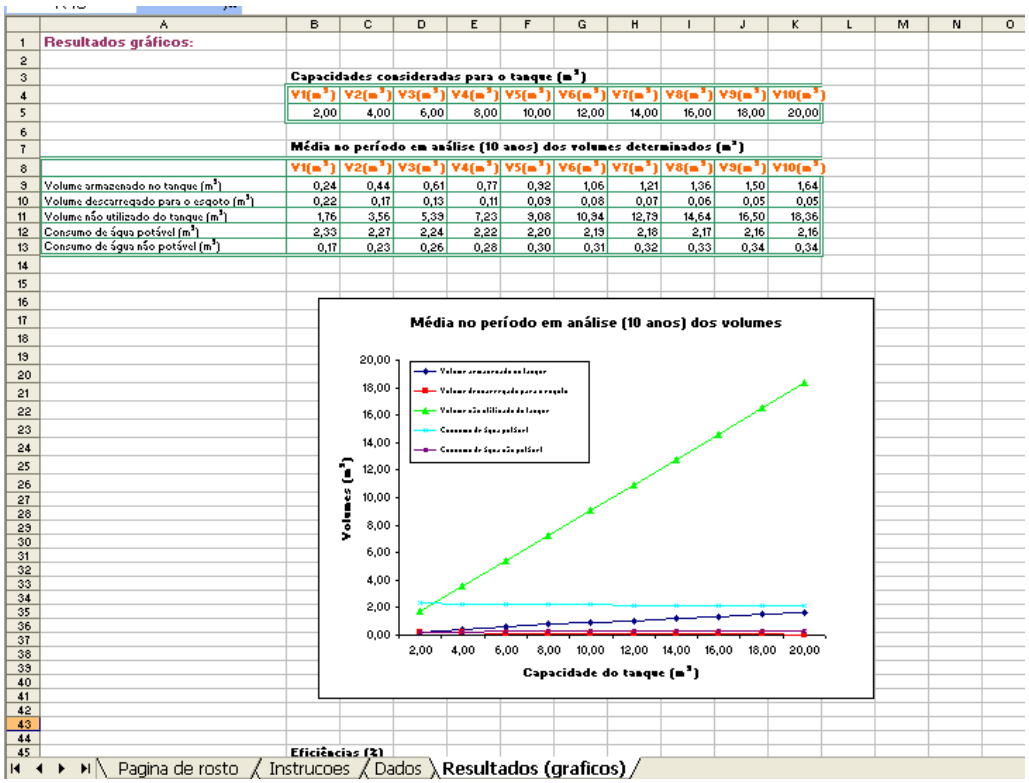
O bloco final do simulador é relativo à apresentação de resultados. São incluídas tabelas síntese e gráficos para ilustrar os resultados para cada uma das dimensões de tanque consideradas.

Os resultados englobam:

- Resultados da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários (volume armazenado no tanque, volume descarregado para o esgoto, volume não utilizado do tanque, consumo de água potável e consumo de água não potável);
- Resultados das eficiências no período em análise (10 anos) (eficiência no uso do tanque, percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável e eficiência do SAAP);

- Resultados da análise económica no período em análise (10 anos) (custo de instalação do tanque, custo total de água poupada, diferença entre benefício e custo e período de recuperação do investimento).

Na Figura 3.6 são apresentadas imagens da folha *Excel* do simulador referente à apresentação dos resultados.



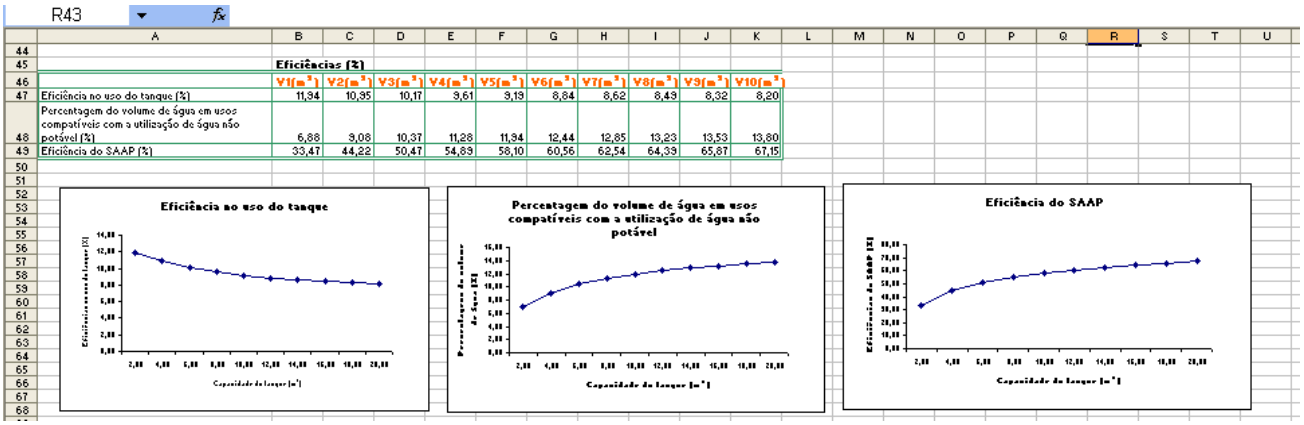
Resultados gráficos:

Capacidades consideradas para o tanque (m³)

V1(m³)	V2(m³)	V3(m³)	V4(m³)	V5(m³)	V6(m³)	V7(m³)	V8(m³)	V9(m³)	V10(m³)
2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00

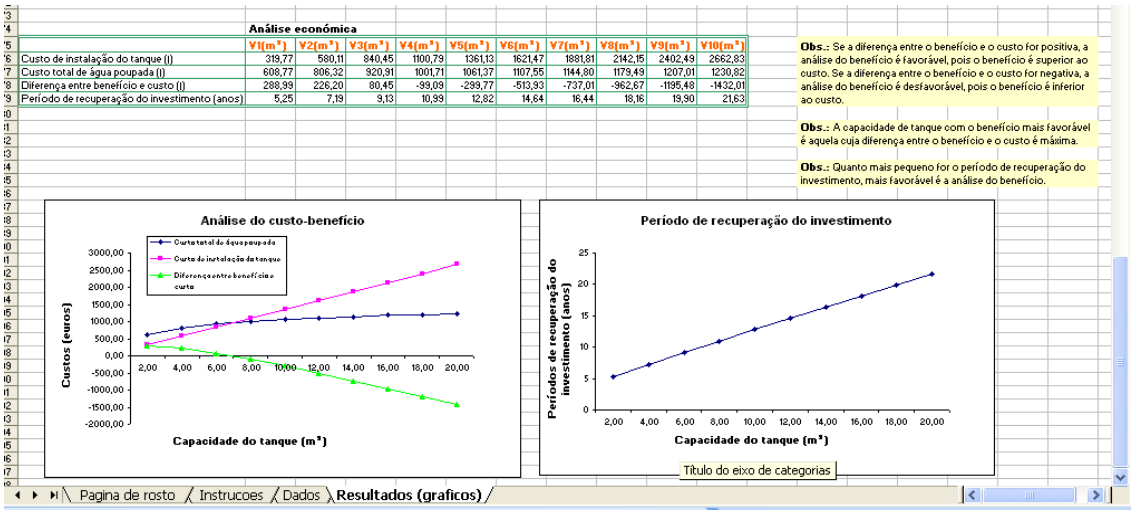
Média no período em análise (10 anos) dos volumes determinados (m³)

	V1(m³)	V2(m³)	V3(m³)	V4(m³)	V5(m³)	V6(m³)	V7(m³)	V8(m³)	V9(m³)	V10(m³)
Volume armazenado no tanque (m³)	0,24	0,44	0,61	0,77	0,92	1,06	1,21	1,36	1,50	1,64
Volume descarregado para o esgoto (m³)	0,22	0,17	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
Volume não utilizado do tanque (m³)	1,76	3,56	5,39	7,23	9,08	10,94	12,79	14,64	16,50	18,36
Consumo de água potável (m³)	2,33	2,27	2,24	2,22	2,20	2,19	2,18	2,17	2,16	2,16
Consumo de água não potável (m³)	0,17	0,23	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34



Eficiências (%)

	V1(m³)	V2(m³)	V3(m³)	V4(m³)	V5(m³)	V6(m³)	V7(m³)	V8(m³)	V9(m³)	V10(m³)
Eficiência no uso do tanque (%)	11,94	10,95	10,17	9,61	9,19	8,84	8,62	8,49	8,32	8,20
Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável (%)	6,88	9,08	10,37	11,28	11,94	12,44	12,85	13,23	13,53	13,80
Eficiência do SAAP (%)	33,47	44,22	50,47	54,89	58,10	60,56	62,54	64,39	65,87	67,15



Análise económica

	V1(m³)	V2(m³)	V3(m³)	V4(m³)	V5(m³)	V6(m³)	V7(m³)	V8(m³)	V9(m³)	V10(m³)
Custo de instalação do tanque (€)	319,77	580,11	840,45	1100,79	1361,13	1621,47	1881,81	2142,15	2402,49	2662,83
Custo total de água poupada (€)	608,77	806,32	920,91	1001,71	1061,37	1107,55	1144,80	1173,49	1207,01	1230,82
Diferença entre benefício e custo (€)	288,99	226,20	80,45	-99,09	-299,77	-513,93	-737,01	-962,67	-1195,48	-1432,01
Período de recuperação do investimento (anos)	5,25	7,19	9,13	10,99	12,82	14,64	16,44	18,16	19,90	21,63

Obs.: Se a diferença entre o benefício e o custo for positiva, a análise do benefício é favorável, pois o benefício é superior ao custo. Se a diferença entre o benefício e o custo for negativa, a análise do benefício é desfavorável, pois o benefício é inferior ao custo.

Obs.: A capacidade de tanque com o benefício mais favorável é aquela cuja diferença entre o benefício e o custo é máxima.

Obs.: Quanto mais pequeno for o período de recuperação do investimento, mais favorável é a análise do benefício.

Figura 3.6- Imagens da folha *Excel* do simulador referente à apresentação dos resultados

4 Aplicação do simulador a casos de estudo

4.1 Casos de estudo seleccionados

A execução de testes com o simulador permite não só identificar aspectos de melhoria como também verificar a tipologia de soluções para casos tipo. Assim, o simulador elaborado foi aplicado a três casos de estudo em regiões diferenciadas: Guarda, Lisboa e Faro.

Os casos seleccionados foram os seguintes:

- Habitação unifamiliar, na aldeia Toito, distrito Guarda;
- Edifício de escritórios e laboratórios, localizado no campus do LNEC, em Lisboa;
- Habitação unifamiliar, na povoação de Estômbar, distrito de Faro.

Em seguida, é feita uma breve caracterização dos casos de estudo, são apresentados os dados utilizados e descrita a aplicação do simulador. No final são apresentados os resultados e é feita uma análise crítica.

4.2 Habitação unifamiliar em Toito, Guarda

4.2.1 Caracterização

A instalação considerada neste caso de estudo é uma habitação unifamiliar que se localiza no centro de uma pequena aldeia pertencente ao distrito da Guarda (Beira Alta), conhecida por Toito.

A habitação tem três pisos (R/C, 1º e 2º pisos). No piso térreo, encontra-se a garagem e a arrecadação; no primeiro piso, localizam-se dois quartos, uma sala, a cozinha e uma casa de banho; no segundo piso, existem três quartos, uma casa de banho e um terraço. A casa em questão é habitada por 4 pessoas e a família possui um carro.

Os usos considerados neste caso de estudo são, entre outros, a descarga de autoclismos, a lavagem de pavimentos, a lavagem de carros e a rega de jardins.

Com vista à comparação dos custos de tanques construídos a partir de materiais diferentes, optou-se, neste caso, por considerar duas soluções alternativas de tanques para o sistema de aproveitamento de água pluvial: um tanque enterrado em betão e um tanque enterrado em PEAD.

4.2.2 Esquema da instalação

Na Figura 4.1 encontra-se um esquema de instalação possível para o sistema de aproveitamento de água pluvial do presente caso de estudo.

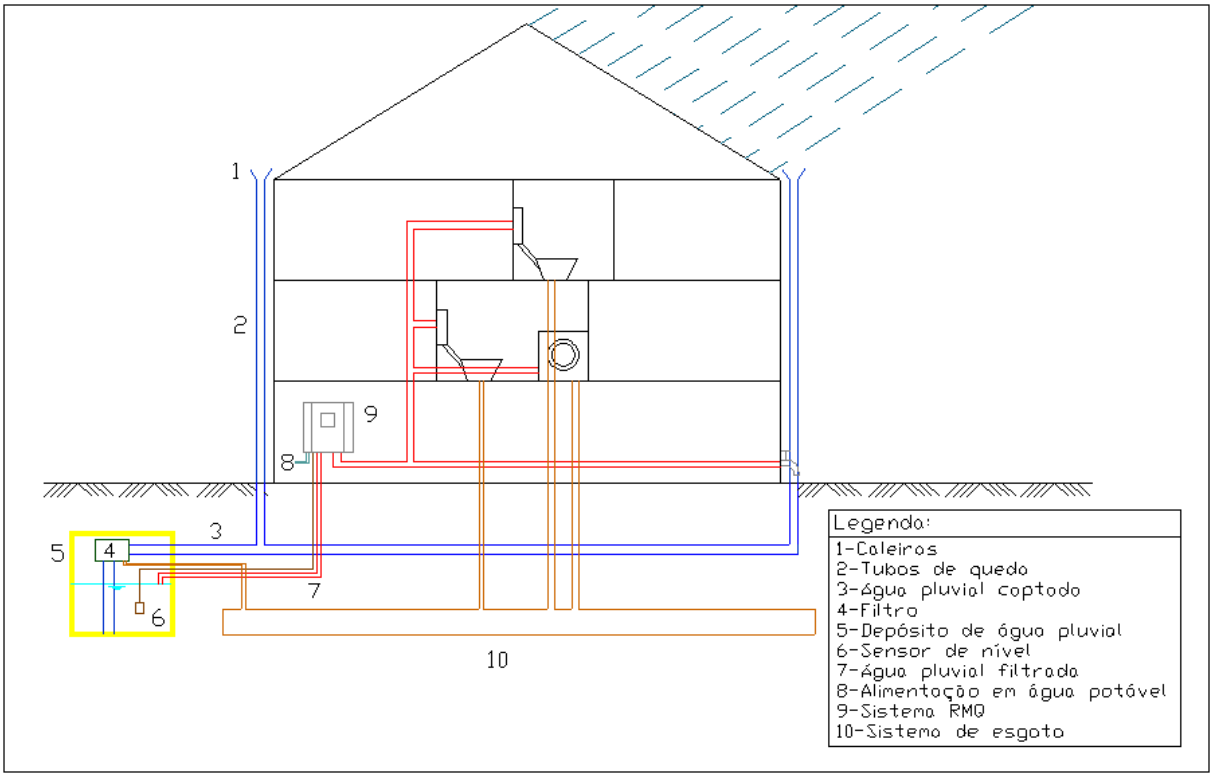


Figura 4.1- Esquema do SAAP no caso de estudo Toito-Guarda

4.2.3 Dados

Os dados relativos a este caso de estudo apresentam-se na Tabela 4.1 e Tabela 4.2.

Tabela 4.1- Dados gerais relativos ao caso de estudo Toito-Guarda

Dados	Grandeza	Valor (tanque em betão)
Dimensões do tanque	Dimensão mínima Dimensão máxima	1 m^3 10 m^3
SAAP	Zona pluviométrica Área de captação = Área do telhado (determinada por medição directa) Coeficiente de escoamento (telhado com telhas cerâmicas - Tabela 3.1) Coeficiente de filtro	Pinhel (09O/01G) 150 m^2 0,85 0,90
Consumo	Factor de consumo **Descarga de autoclismos:** Frequência de utilização diária das sanitas por pessoa Volume diário de água gasto em cada utilização Número de pessoas que habita a casa **Lavagem de pavimentos:** Número de lavagens realizadas por semana Volume de água gasto por lavagem **Lavagem de carros:** Número de lavagens realizadas por semana Volume de água gasto por lavagem Número de carros na família **Rega de jardins:** Área do jardim (determinada por medição directa) Dotação diária **Outros:** Volume de água gasto noutros usos	0,70 5 9 L 4 2 5 L 1 100 L 1 10 m^2 6 mm 36 L

Tabela 4.2- Dados específicos para cada tipo de tanque, Toito-Guarda

Dados	Grandeza	Valor (tanque em betão)	Valor (tanque em PEAD)
Análise económica	Tarifa anual média de consumo de água da rede pública	0,70 €/m^3 (CMG, 2007)	0,70 €/m^3
	Taxa de desconto	3,5 %	3,5 %
	Custos estimados do tanque para as dimensões a considerar: tendo por base as capacidades de tanque e respectivos custos da Tabela 3.2, encontra-se a recta que melhor se ajusta a estes e que permite calcular o custo para qualquer capacidade de tanque:		
	Capacidade de tanque 1	189,60 €	263,30 €
	Capacidade de tanque 2	319,77 €	506,11 €
	Capacidade de tanque 3	479,94 €	748,92 €
	Capacidade de tanque 4	580,11 €	991,73 €
	Capacidade de tanque 5	710,28 €	1234,54 €
	Capacidade de tanque 6	840,45 €	1477,35 €
	Capacidade de tanque 7	970,62 €	1720,16 €
	Capacidade de tanque 8	1100,79 €	1962,97 €
	Capacidade de tanque 9	1230,96 €	2205,78 €
	Capacidade de tanque 10	1361,13 €	2448,59 €

4.2.4 Resultados

Na Tabela 4.3 e na Figura 4.2 são apresentados os resultados obtidos para os volumes.

Tabela 4.3- Resultados obtidos para os volumes nos 10 anos no caso de estudo Toito-Guarda

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Volume armazenado no tanque (m^3)	0,19	0,44	0,70	0,95	1,18	1,40	1,63	1,86	2,09	2,31
Volume descarregado (m^3)	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Volume não utilizado (m^3)	0,81	1,56	2,30	3,05	3,82	4,60	5,37	6,14	6,91	7,69
Consumo de água potável (m^3)	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12
Consumo de água não potável (m^3)	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15

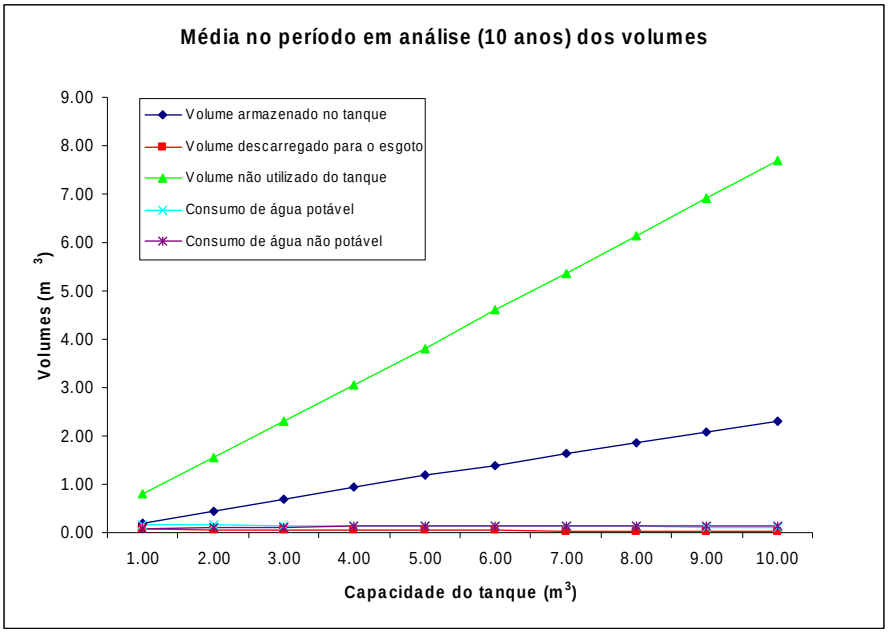


Figura 4.2- Valores da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para o caso de estudo Toito-Guarda

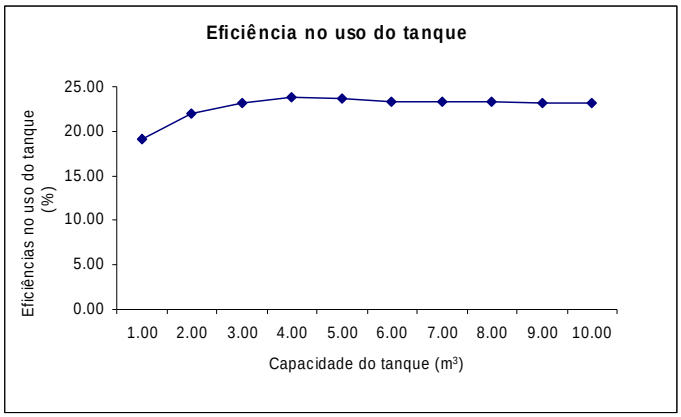
Observando a tabela e o gráfico, constata-se que à medida que a capacidade do tanque aumenta, o volume armazenado, o volume não utilizado do tanque e o consumo de água não potável aumentam, em contrapartida o consumo de água potável e o volume descarregado para o esgoto diminuem.

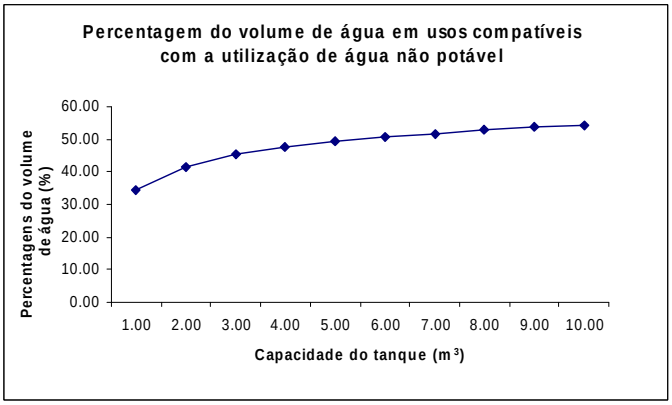
É de verificar que para as capacidades do tanque mais elevadas a diferença entre o volume armazenado e o consumo de água não potável é bastante acentuada, o que significa que existe muita água pluvial armazenada no tanque para um pequeno volume de água pluvial que é usado nas actividades a que a mesma se destina.

Em relação às eficiências, da Tabela 4.4 constam os valores determinados e na Figura 4.3 ilustram-se os gráficos obtidos. Importa referir que estes são valores médios que apresentam grande variabilidade ao longo dos dias do ano.

Tabela 4.4- Resultados obtidos para as eficiências no caso de estudo Toito-Guarda

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Eficiência no uso do tanque (%)	19,06	22,04	23,23	23,80	23,65	23,30	23,24	23,29	23,19	23,09
Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável (%)	34,62	41,53	45,26	47,52	49,21	50,56	51,73	52,72	53,63	54,45
Eficiência do SAAP (%)	39,57	47,47	51,73	54,31	56,24	57,78	59,12	60,26	61,29	62,23





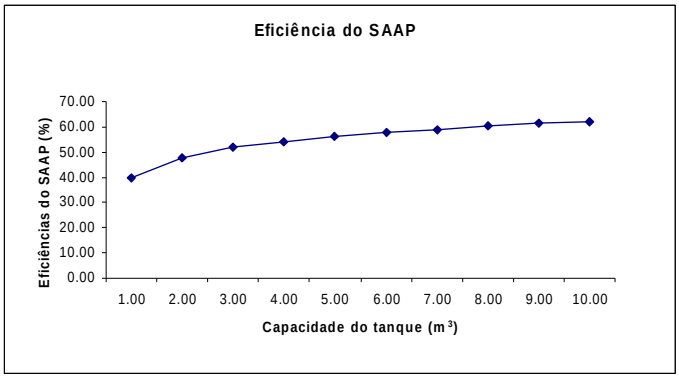


Figura 4.3- Valores obtidos para as eficiências no caso de estudo Toito-Guarda

Através da tabela e dos gráficos, observa-se que as curvas da eficiência do SAAP e da percentagem do volume de água em usos compatíveis têm comportamentos muito semelhantes, aumentando à medida que a capacidade de tanque considerada aumenta. No entanto, a eficiência no uso do tanque aumenta inicialmente até atingir V = 4 m^3 e depois diminui ligeiramente. Tal verifica-se, porque para capacidades de tanque mais pequenas, como o consumo não é muito elevado, consegue-se armazenar mais água e portanto atingem-se eficiências mais elevadas, contudo, à medida que a capacidade do tanque aumenta a diferença entre o volume armazenado e o volume não utilizado do tanque também aumenta, diminuindo a eficiência.

A eficiência no uso do tanque tende para 25 %, a eficiência do SAAP tende para 62 % e a percentagem do volume de água em usos compatíveis tende para 55 %.

Neste caso de estudo, são efectuadas duas aplicações do simulador: uma para o tanque em betão e outra para o tanque em PEAD.

Na Tabela 4.5 e na Figura 4.4 e na Figura 4.5 são apresentados os resultados obtidos para o tanque em betão.

Tabela 4.5- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em betão

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Custo de instalação do tanque (€)	189,60	319,77	449,94	580,11	710,28	840,45	970,62	1100,79	1230,96	1361,13
Custo total de água poupada (€)	205,24	245,89	267,75	281,19	291,39	299,56	306,69	312,56	317,87	322,65
Diferença entre benefício e custo (€)	15,63	-73,88	-182,20	-298,92	-418,89	-540,89	-663,94	-788,23	-913,10	-1038,49
Período de recuperação do investimento (anos)	9,24	13,00	16,80	20,63	24,38	28,06	31,65	35,22	38,73	42,19

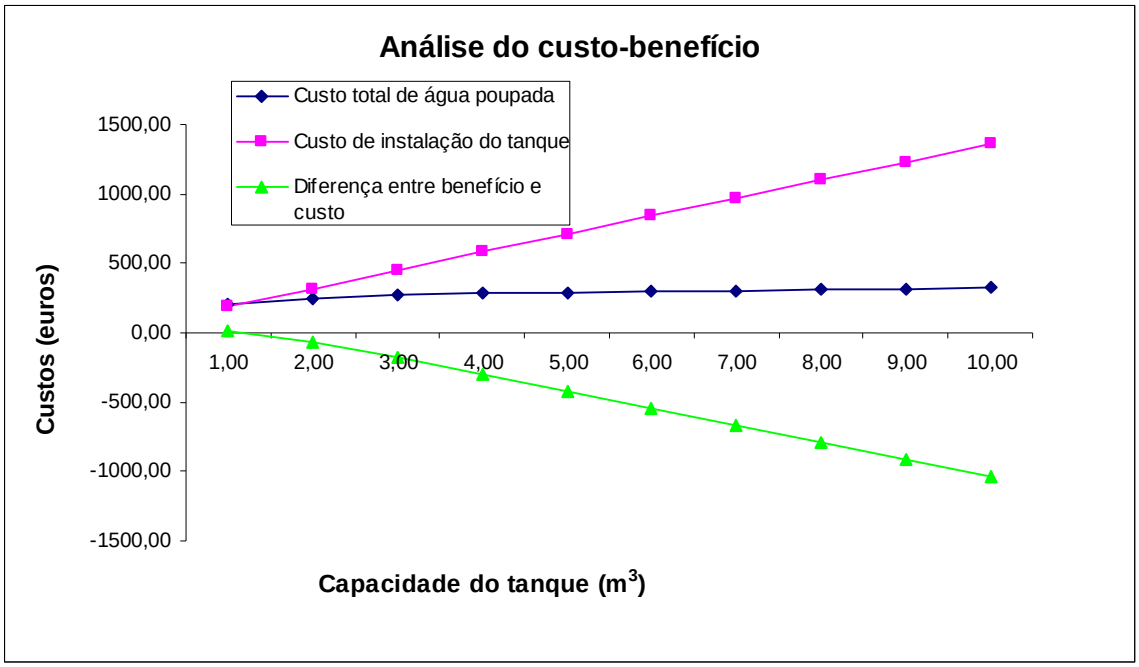


Figura 4.4- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em betão

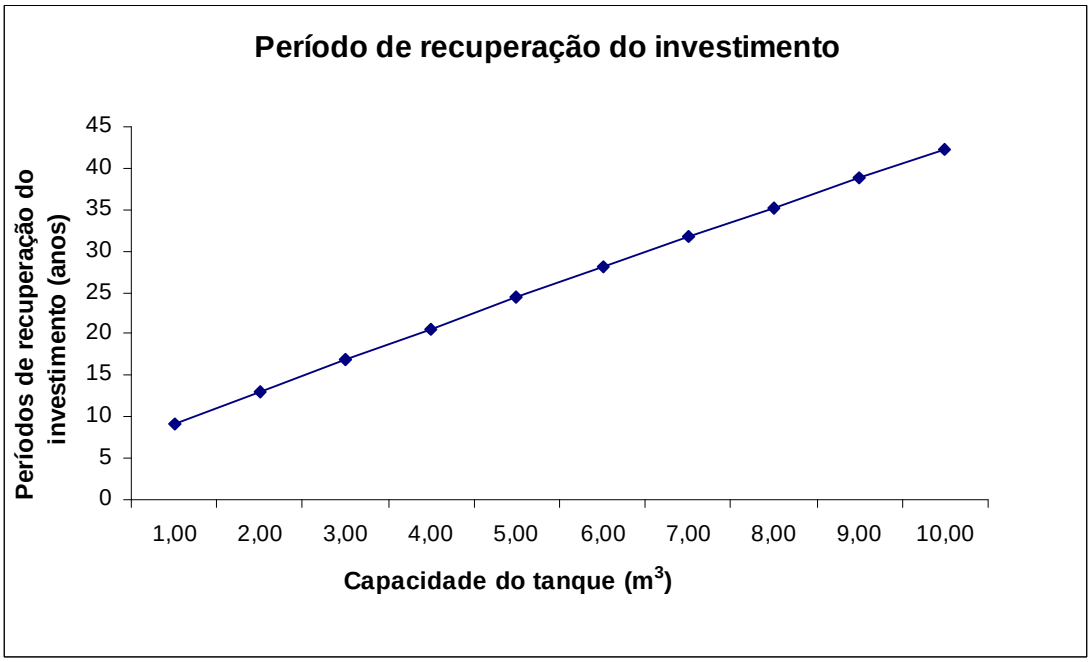


Figura 4.5- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em betão

Tanto o custo total de água poupada como o custo de instalação do tanque aumentam com a capacidade de tanque considerada.

O custo total de água poupada é inicialmente superior ao custo de instalação do tanque no entanto este comportamento modifica-se com o aumento da capacidade do tanque, adequirindo o custo de instalação valores mais elevados. Deste modo, verifica-se que para capacidades de tanque próximas de 1 m^3 o benefício é superior ao custo.

Assim, do ponto de vista da análise do custo-benefício, a capacidade de tanque 1 (V_1=1 m^3) é a mais favorável, pois a diferença entre o custo total de água poupada e o custo de instalação do tanque é máxima para esta capacidade.

Observando o gráfico do período de recuperação do investimento (que aumenta com a capacidade de tanque), constata-se que para a capacidade de tanque 1 este período é de, aproximadamente, 9 anos, o que é bastante razoável.

Após a análise do custo-benefício compete ao utilizador decidir se a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial usando um tanque em betão neste caso é ou não viável, já que pode ter em consideração outros critérios e benefícios não económicos.

Na Tabela 4.6 e na Figura 4.6 e na Figura 4.7 são facultados os resultados para o tanque em PEAD.

Tabela 4.6- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em PEAD

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Custo de instalação do tanque (€)	263,30	506,11	748,92	991,73	1234,54	1477,35	1720,16	1962,97	2205,78	2448,59
Custo total de água poupada (€)	205,24	245,89	267,75	281,19	291,39	299,56	306,69	312,56	317,87	322,65
Diferença entre benefício e custo (€)	-58,07	-260,22	-481,17	-710,54	-943,15	-1177,79	-1413,48	-1650,41	-1887,91	-2125,95
Período de recuperação do investimento (anos)	12,83	20,58	27,97	35,27	42,37	49,32	56,09	62,80	69,39	75,89

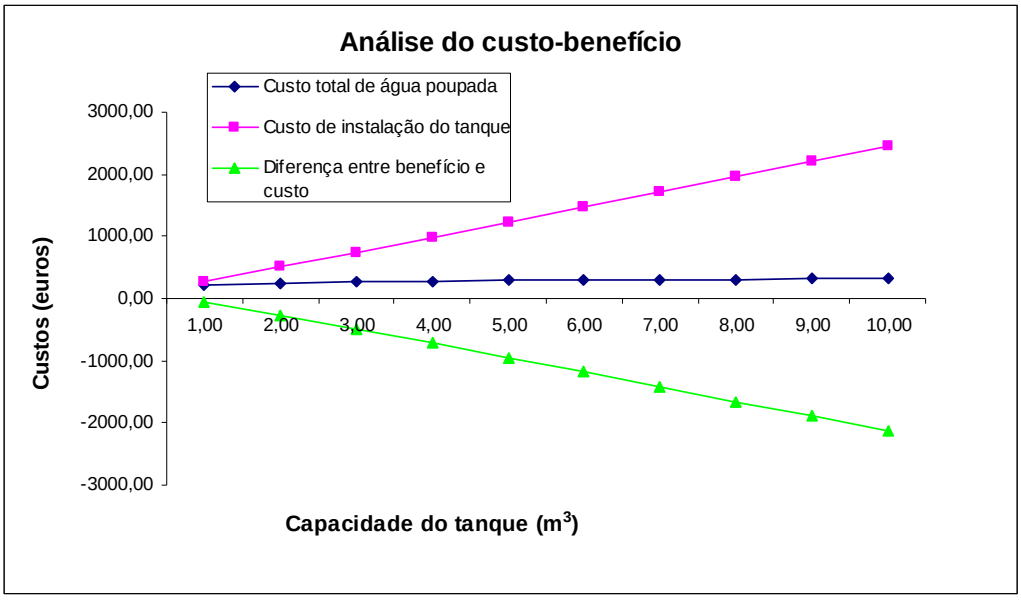


Figura 4.6- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em PEAD

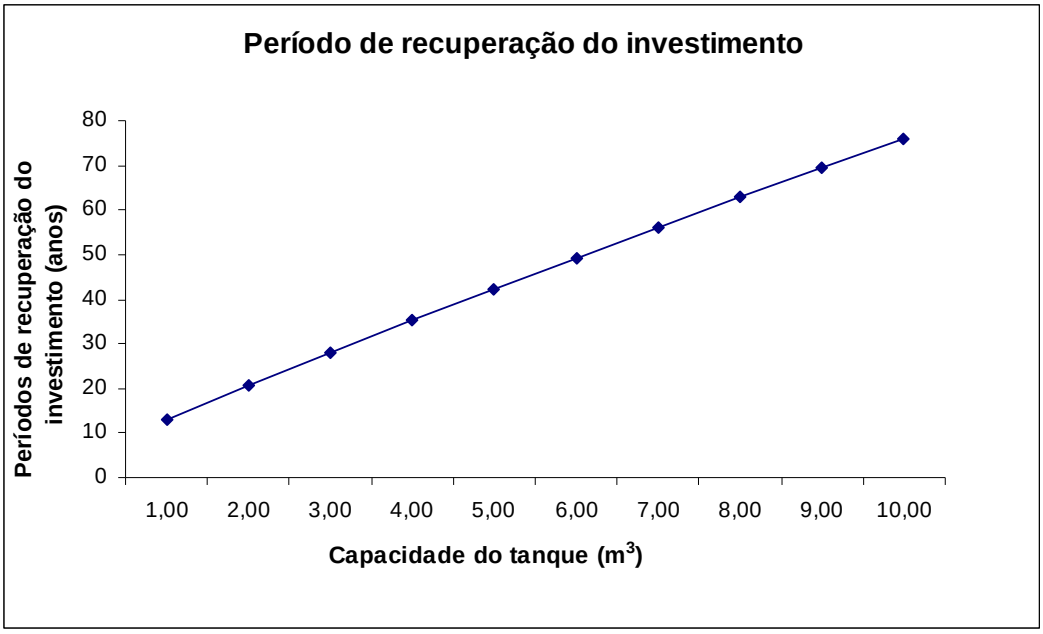


Figura 4.7- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo Toito-Guarda utilizando um tanque em PEAD

Através do gráfico de análise do custo-benefício, constata-se que para a gama de capacidades de tanque analisadas, o custo de instalação do tanque é sempre superior ao custo total de água poupada (ambos os custos aumentam com o volume de tanque), o que significa que o custo é sempre superior ao benefício.

A análise do custo-benefício é mais favorável para a capacidade de tanque 1 (V_1=1 m^3). No presente caso de estudo, esta capacidade de tanque assegura que exista água pluvial suficiente para os usos a que se destina a um custo inferior relativamente às restantes capacidades de tanque.

Para a capacidade de tanque seleccionada, tem-se um período de recuperação de investimento de cerca de 13 anos, o que é razoável. Nesta opção, o período referido aumenta, igualmente, com a capacidade de tanque.

Comparando as análises económicas dos dois tipos de tanques considerados, verifica-se que o custo de instalação de um tanque em betão é inferior ao da instalação de um tanque em PEAD, conduzindo a uma análise de custo-benefício mais vantajosa no primeiro caso. Os períodos de recuperação do investimento obtidos para a capacidade de tanque em cada opção comprovam tal facto.

4.3 Edifício de escritórios e laboratórios no LNEC, Lisboa

4.3.1 Caracterização

A instalação considerada neste caso de estudo é um edifício de escritórios e laboratórios localizado no campus do LNEC, em Lisboa. Este edifício tem um piso e, por estimativa, conclui-se que o mesmo está preparado para receber 85 pessoas.

Os usos admitidos são: a rega de jardins, a descarga de autoclismos e a lavagem de pavimentos.

Assume-se, também, que o tanque utilizado é enterrado e construído em betão.

4.3.2 Esquema de instalação

Na Figura 4.8 ilustra-se um esquema de instalação possível para o sistema de aproveitamento de água pluvial deste caso de estudo.

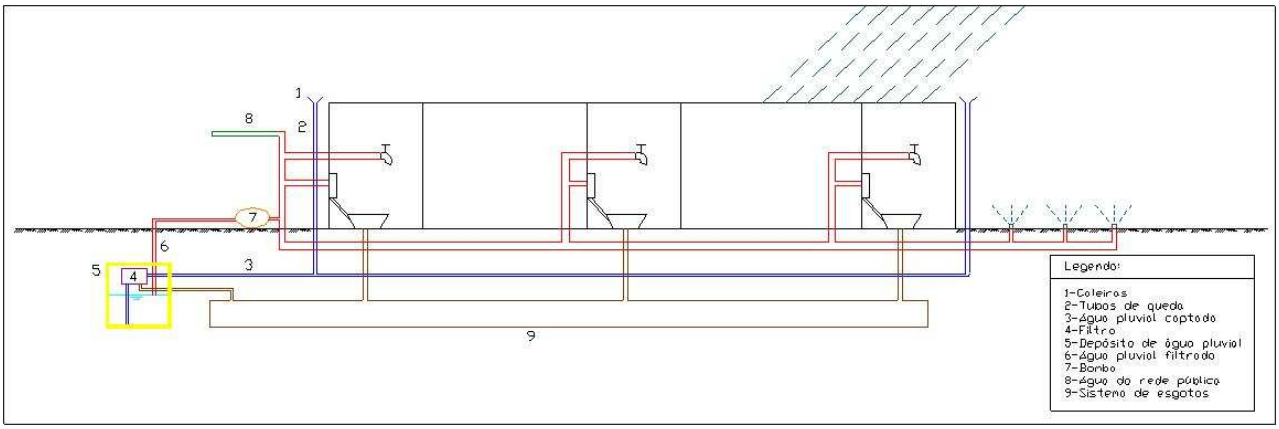


Figura 4.8- Esquema do SAAP no caso de estudo LNEC-Lisboa

4.3.3 Dados

Os dados usados no simulador para este caso de estudo encontram-se resumidos na Tabela 4.7.

Tabela 4.7- Dados relativos ao caso de estudo LNEC – Lisboa

Dados	Grandeza	Valor (tanque em betão)
Dimensões do tanque	Dimensão mínima	2 m^3
	Dimensão máxima	20 m^3
SAAP	Zona pluviométrica	S. Julião do Tojal (20C/01C)
	Área de captação = Área do telhado (determinada pelo *Google Earth*)	3200 m^2
	Coeficiente de escoamento (telhado em cimento - Tabela 3.1)	0,85
	Coeficiente de filtro	0,90
Consumo	Factor de consumo	0,50
	Descarga de autoclismos:	
	Frequência de utilização diária das sanitas por pessoa	5
	Volume diário de água gasto em cada utilização	9 L
	Número de pessoas na instalação	85
	Lavagem de pavimentos:	
	Número de lavagens realizadas por semana	2
	Volume de água gasto por lavagem	5 L
	Lavagem de carros:	
	Número de lavagens realizadas por semana	0
	Volume de água gasto por lavagem	0 L
	Número de carros	0
	Rega de jardins:	
	Área do jardim (determinada pelo *Google Earth*)	1000 m^2
	Dotação diária	6 mm
	Outros:	
	Volume de água gasto noutros usos	0 L
Análise económica	Tarifa anual média de consumo de água da rede pública	1,30 €/m^3 (EPAL, 2007)
	Taxa de desconto	3,5 %
	Custos estimados do tanque para as dimensões a considerar: os custos são estimados a partir da recta ajustada aos valores do betão da Tabela 3.2:	
	Capacidade de tanque 1	319,77 €
	Capacidade de tanque 2	580,11 €
	Capacidade de tanque 3	840,45 €
	Capacidade de tanque 4	1100,79 €
	Capacidade de tanque 5	1361,13 €
	Capacidade de tanque 6	1621,47 €
	Capacidade de tanque 7	1881,81 €
	Capacidade de tanque 8	2142,15 €
	Capacidade de tanque 9	2402,49 €
	Capacidade de tanque 10	2662,83 €

4.3.4 Resultados

Na Tabela 4.8 e na Figura 4.9 são apresentados os resultados referentes aos volumes determinados para cada capacidade de tanque considerada.

Tabela 4.8- Resultados obtidos para os volumes nos 10 anos no caso de estudo LNEC-Lisboa

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Volume armazenado no tanque (m^3)	0,23	0,46	0,69	0,94	1,24	1,57	1,91	2,25	2,61	2,97
Volume descarregado (m^3)	3,42	3,30	3,19	3,08	2,99	2,90	2,82	2,74	2,66	2,59
Volume não utilizado (m^3)	1,77	3,54	5,31	7,06	8,76	10,43	12,09	13,75	15,39	17,03
Consumo de água potável (m^3)	7,56	7,43	7,32	7,22	7,12	7,04	6,95	6,87	6,80	6,73
Consumo de água não potável (m^3)	1,17	1,29	1,41	1,51	1,61	1,69	1,78	1,86	1,93	2,00

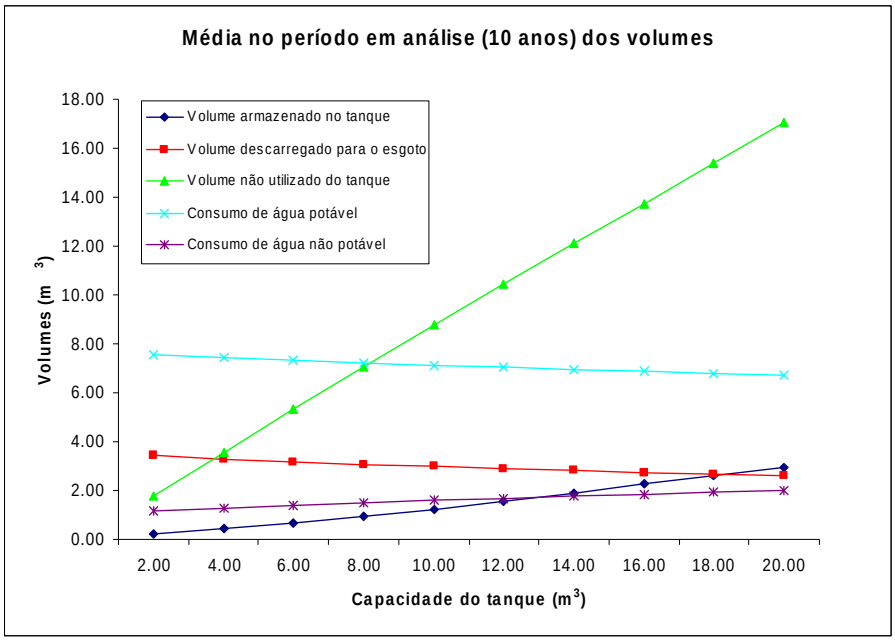


Figura 4.9- Valores da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para o caso de estudo LNEC-Lisboa

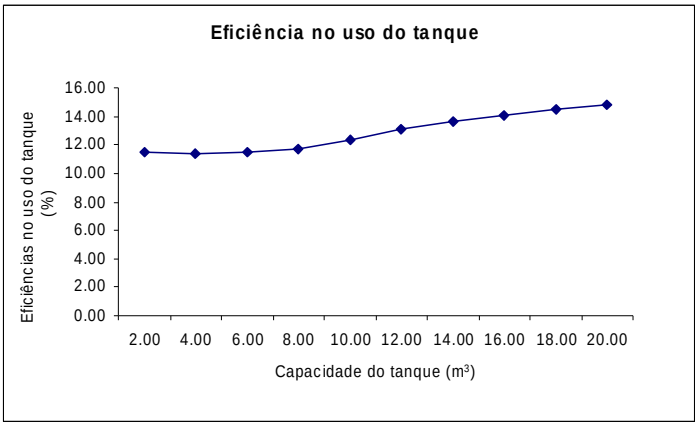
O volume armazenado, o volume não utilizado do tanque e o consumo de água não potável aumentam com a capacidade do tanque enquanto que o volume descarregado para o esgoto e o consumo de água potável diminuem.

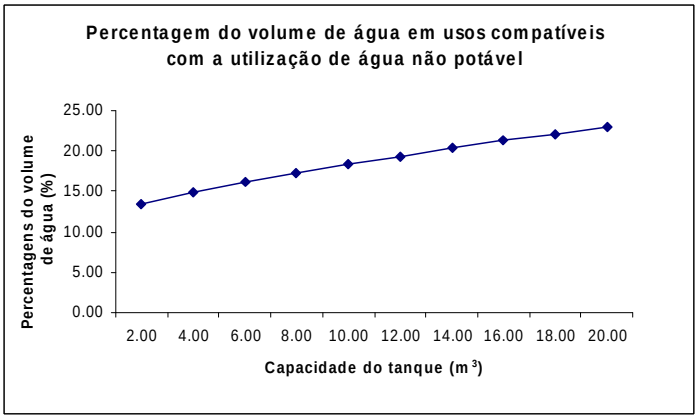
Observando os valores obtidos para o volume armazenado no tanque e para o consumo de água não potável, constata-se que inicialmente os valores do primeiro são inferiores aos do segundo, no entanto à medida que a capacidade do tanque aumenta esta tendência muda, porque para capacidades de tanque pequenas como o consumo é muito elevado, o tanque fica facilmente vazio. No entanto, à medida que as dimensões deste aumentam, é acumulado maior volume de água apesar dos elevados consumos.

Quanto às eficiências, os resultados obtidos encontram-se na Tabela 4.9 e na Figura 4.10.

Tabela 4.9- Resultados obtidos para as eficiências no caso de estudo LNEC-Lisboa

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Eficiência no uso do tanque (%)	11,54	11,42	11,46	11,73	12,36	13,10	13,65	14,08	14,48	14,86
Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável (%)	13,43	14,83	16,11	17,31	18,40	19,39	20,35	21,26	22,12	22,92
Eficiência do SAAP (%)	19,53	21,56	23,42	25,17	26,75	28,19	29,58	30,90	32,15	33,32





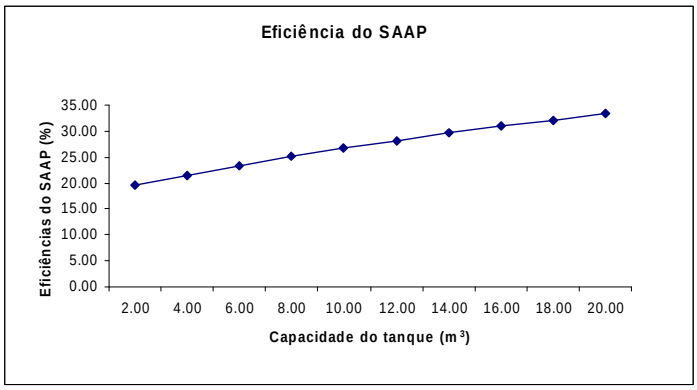


Figura 4.10- Valores obtidos para as eficiências no caso de estudo LNEC-Lisboa

A partir dos resultados, constata-se que a percentagem do volume de água em usos compatíveis tende para 25 % e a eficiência do SAAP tende para 35 %, aumentando à medida que a capacidade do tanque se torna maior. No entanto, a eficiência no uso do tanque diminui até V= 4 m^3 e depois aumenta (tende para 15 %). Como o consumo é bastante elevado, para pequenas capacidades de tanque, tem-se volumes de armazenamento praticamente nulos, daí o valor baixo da eficiência no uso do tanque. No entanto, com o aumento da sua capacidade, consegue-se acumular mais água e a eficiência aumenta apesar dos elevados valores do volume não utilizado do tanque.

Relativamente à análise económica, obtiveram-se os resultados que constam da Tabela 4.10 e da Figura 4.11 e da Figura 4.12.

Tabela 4.10- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo LNEC-Lisboa

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Custo de instalação do tanque (€)	319,77	580,11	840,45	1100,79	1361,13	1621,47	1881,81	2142,15	2402,49	2662,83
Custo total de água poupada (€)	4779,11	5277,07	5730,41	6157,78	6546,26	6896,77	7236,93	7559,76	7865,01	8149,82
Diferença entre benefício e custo (€)	4459,33	4696,96	4889,96	5056,98	5185,13	5275,29	5355,12	5417,61	5462,52	5486,98
Período de recuperação do investimento (anos)	0,67	1,10	1,47	1,79	2,08	2,35	2,60	2,83	3,05	3,27

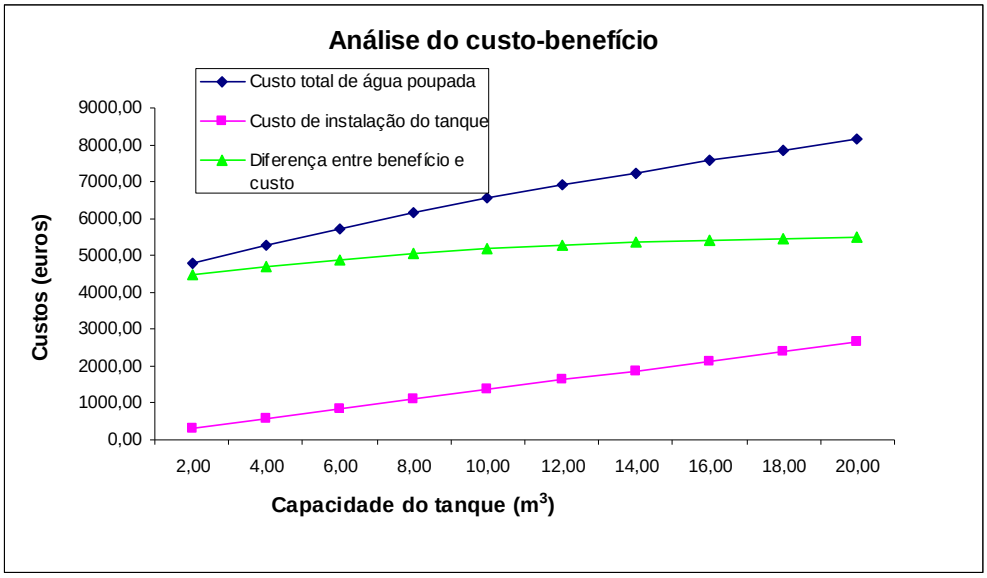


Figura 4.11- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo LNEC-Lisboa

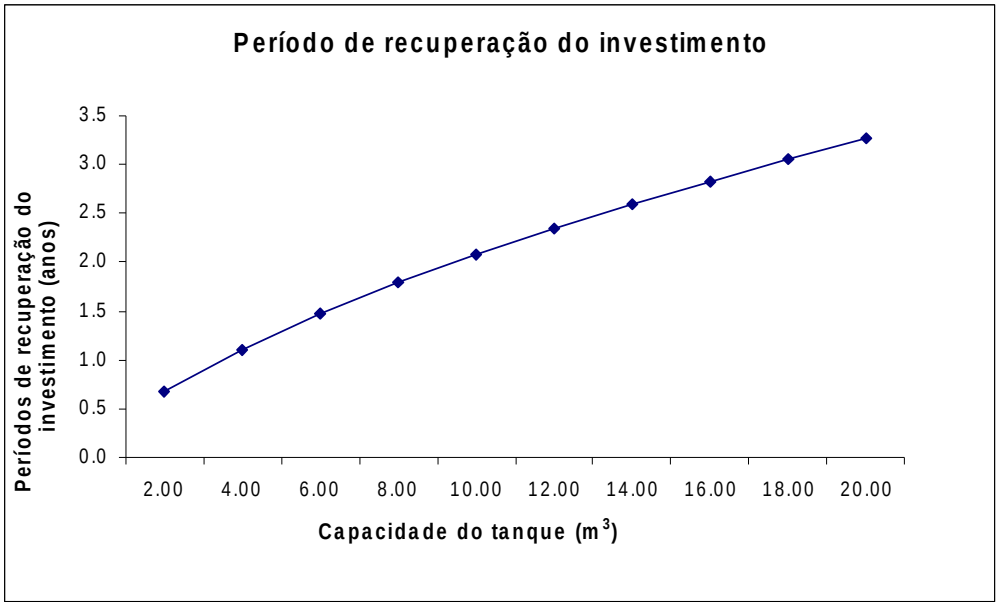


Figura 4.12- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo LNEC-Lisboa

De acordo com o gráfico da análise do custo-benefício, o custo total de água poupada é sempre superior ao custo de instalação do tanque (ambos os custos aumentam com a capacidade de tanque), logo o benefício é sempre superior ao custo.

Observando a curva da diferença entre o benefício e o custo, constata-se que a capacidade de tanque com o benefício mais favorável é a capacidade de tanque 10 com a dimensão de 20 m^3, uma vez que a curva estabiliza a partir deste valor, tendo sido assumido que esta era a capacidade máxima viável para o local existente.

Para a capacidade de tanque seleccionada, o período de recuperação de investimento é de, aproximadamente, 3 anos, o que é um valor bastante bom. Mais uma vez, constata-se que este período aumenta com a capacidade de tanque considerada.

No presente caso de estudo, a análise económica é acentuadamente mais favorável que no caso anterior. Tal deve-se principalmente ao valor elevado do consumo e à elevada área de captação. O valor considerado para a tarifa poderá, igualmente, ser responsável por este resultado.

4.4 Habitação unifamiliar em Estômbar, Faro

4.4.1 Caracterização

A instalação considerada neste caso de estudo é uma habitação unifamiliar que se localiza na Alameda do Algarve, em Estômbar, cidade pertencente ao município de Lagoa e ao distrito de Faro (Algarve).

A casa é habitada por seis pessoas e tem dois pisos. No piso térreo, existe uma sala de estar, a cozinha e uma casa de banho e no primeiro piso, encontram-se três quartos e uma casa de banho. A família possui dois carros.

A água pluvial é usada na descarga de autoclismos e na lavagem de carros, entre outros usos.

O tanque utilizado é enterrado e construído em PEAD.

4.4.2 Esquema de instalação

Para o sistema de aproveitamento de água pluvial deste caso de estudo, é apresentado um esquema de instalação possível na Figura 4.13.

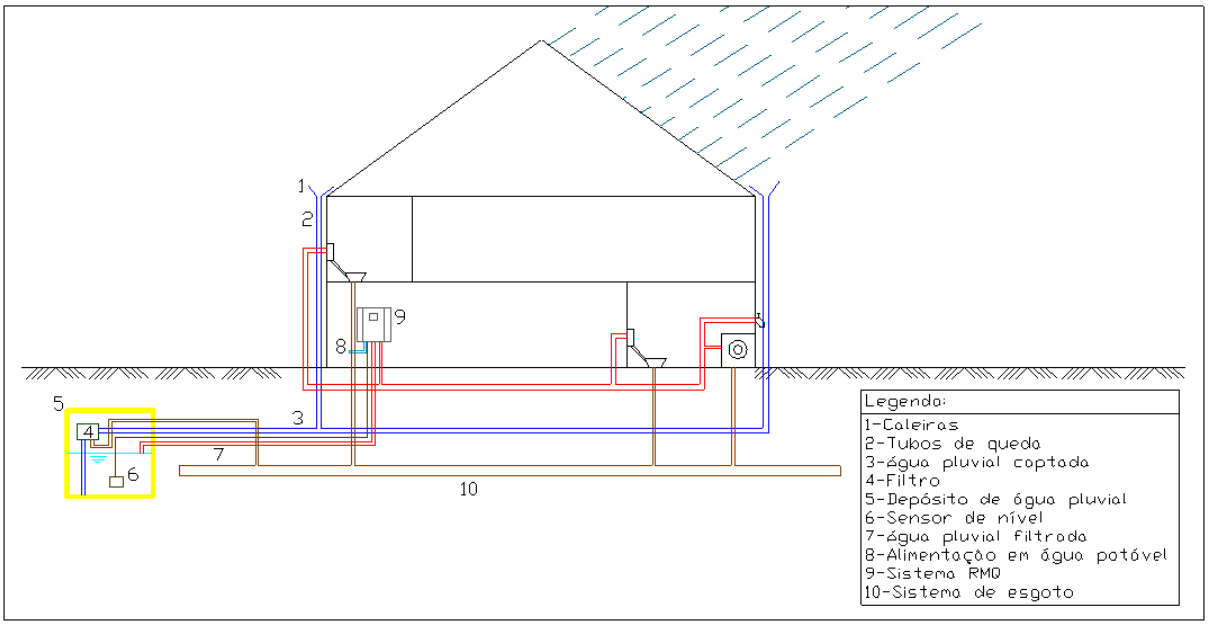


Figura 4.13- Esquema do SAAP no caso de estudo Faro

4.4.3 Dados

Os dados para este caso específico são resumidos na Tabela 4.11.

Tabela 4.11- Dados relativos ao caso de estudo Faro

Dados	Grandeza	Valor (tanque em PEAD)
Dimensões do tanque	Dimensão mínima Dimensão máxima	1 m^3 5 m^3
SAAP	Zona pluviométrica Área de captação = Área do telhado (determinada pelo *Google Earth*) Coeficiente de escoamento (telhado com telhas cerâmicas - Tabela 3.1) Coeficiente de filtro	S. Brás de Alportel (31J/01C) 140 m^2 0,85 0,90
Consumo	Factor do consumo **Descarga de autoclismos:** Frequência de utilização diária das sanitas por pessoa Volume diário de água gasto em cada utilização Número de pessoas que habita a casa **Lavagem de pavimentos:** Número de lavagens realizadas por semana Volume de água gasto por lavagem **Lavagem de carros:** Número de lavagens realizadas por semana Volume de água gasto por lavagem Número de carros na família **Rega de jardins:** Área do jardim Dotação diária **Outros:** Volume de água gasto noutros usos	0,80 5 9 L 6 0 0 L 1 100 L 2 0 m^2 0 mm 46 L
Análise económica	Tarifa anual média de consumo de água da rede pública Taxa de desconto Custos estimados do tanque para as dimensões a considerar: os custos são estimados a partir da recta ajustada aos valores do PEAD da Tabela 3.2: Capacidade de tanque 1 Capacidade de tanque 2 Capacidade de tanque 3 Capacidade de tanque 4 Capacidade de tanque 5 Capacidade de tanque 6 Capacidade de tanque 7 Capacidade de tanque 8 Capacidade de tanque 9 Capacidade de tanque 10	0,41 €/m^3 (CMLagoa, 2007) 3,5 % 263,30 € 371,22 € 479,13 € 587,05 € 694,97 € 802,88 € 910,80 € 1018,71 € 1126,63 € 1234,54 €

4.4.4 Resultados

Os resultados relativos aos volumes determinados para cada capacidade do tanque encontram-se na Tabela 4.12 e na Figura 4.14.

Tabela 4.12- Resultados obtidos para os volumes nos 10 anos no caso de estudo Faro

	V1 (m^3)	**V2 (m^3)**	**V3 (m^3)**	**V4 (m^3)**	**V5 (m^3)**	**V6 (m^3)**	**V7 (m^3)**	**V8 (m^3)**	**V9 (m^3)**	**V10 (m^3)**
Volume armazenado no tanque (m^3)	0,17	0,27	0,38	0,49	0,61	0,74	0,87	0,99	1,12	1,25
Volume descarregado (m^3)	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
Volume não utilizado (m^3)	0,83	1,18	1,51	1,84	2,16	2,48	2,80	3,12	3,44	3,75
Consumo de água potável (m^3)	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
Consumo de água não potável (m^3)	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16

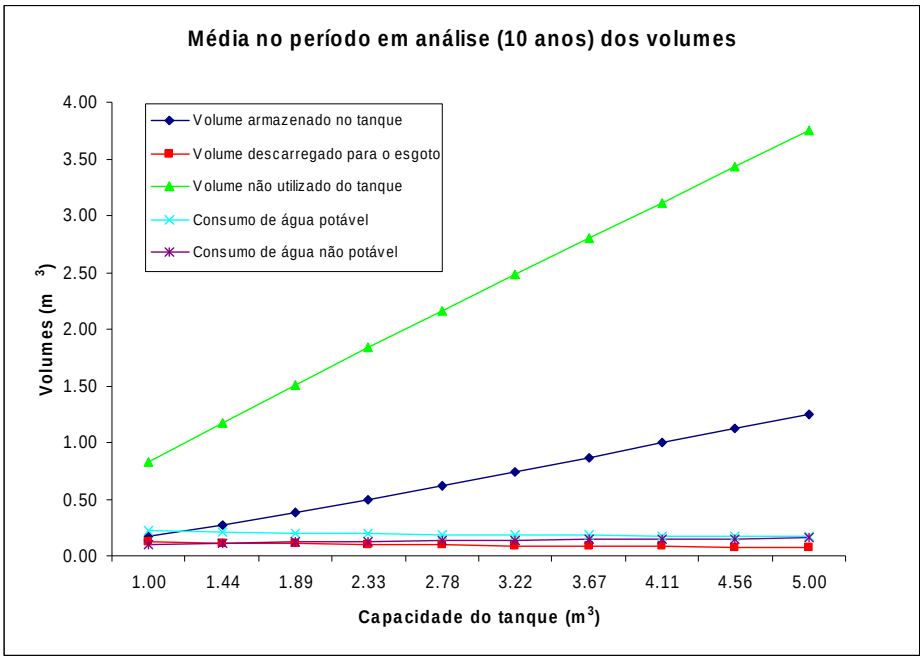


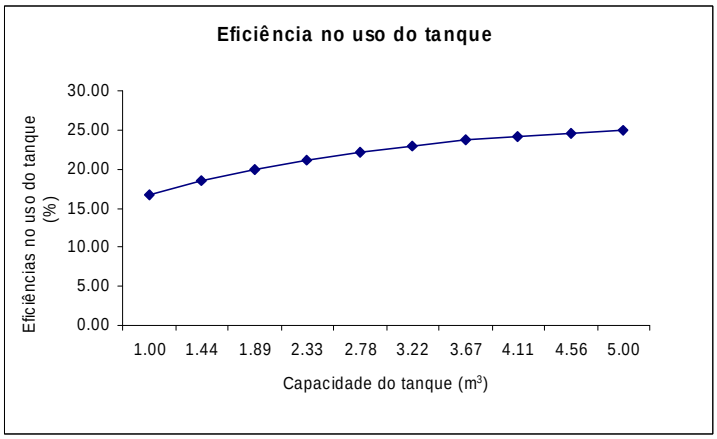
Figura 4.14- Valores da média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para o caso de estudo Faro

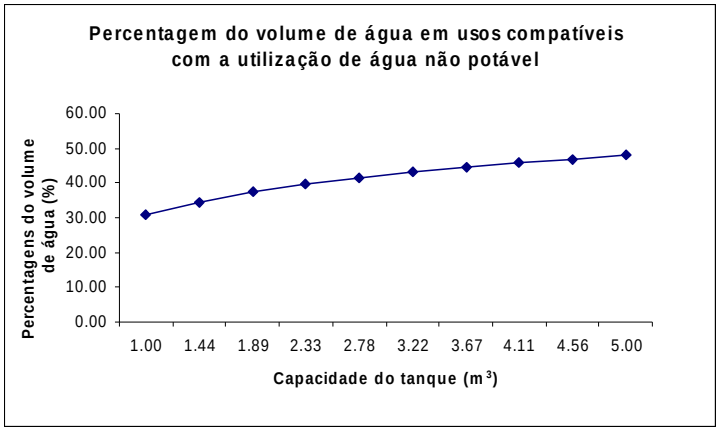
As curvas do volume armazenado, do volume não utilizado do tanque e do consumo de água não potável aumentam com a capacidade de tanque considerada, contudo as curvas do volume descarregado para o esgoto e do consumo de água potável diminuem.

Os resultados das eficiências são apresentados na Tabela 4.13 e na Figura 4.15.

Tabela 4.13- Resultados obtidos para as eficiências no caso de estudo Faro

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Eficiência no uso do tanque (%)	16,67	18,49	20,03	21,16	22,13	23,04	23,70	24,18	24,59	25,00
Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável (%)	30,83	34,49	37,36	39,62	41,48	43,15	44,55	45,83	46,97	47,96
Eficiência do SAAP (%)	33,43	37,41	40,51	42,96	44,98	46,79	48,31	49,70	50,94	52,01





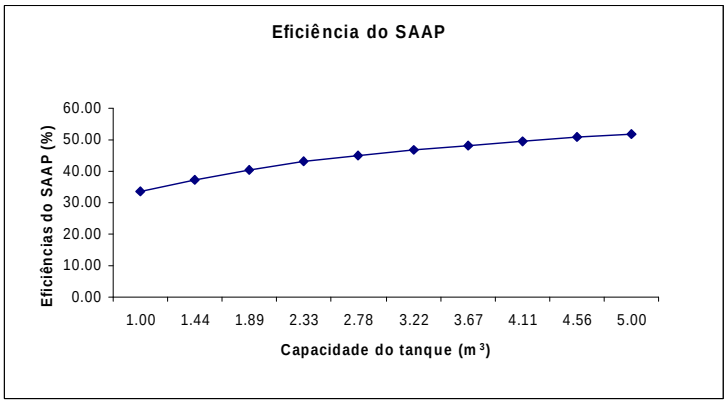


Figura 4.15- Valores obtidos para as eficiências no caso de estudo Faro

Através da tabela e dos gráficos, observa-se que as três eficiências aumentam com a capacidade do tanque, mas tendendo para valores diferentes. A eficiência no uso do tanque tende para 25%, a percentagem do volume de água em usos compatíveis tende para 50% e a eficiência do SAAP tende para 55%.

No presente caso de estudo a eficiência no uso do tanque tem um comportamento semelhante ao obtido para o caso de estudo Toito-Guarda.

Finalmente, na Tabela 4.14 e na Figura 4.16 e na Figura 4.17 são apresentados os resultados obtidos na análise económica.

Tabela 4.14- Resultados obtidos para a análise económica no caso de estudo Faro

	V1 (m^3)	V2 (m^3)	V3 (m^3)	V4 (m^3)	V5 (m^3)	V6 (m^3)	V7 (m^3)	V8 (m^3)	V9 (m^3)	V10 (m^3)
Custo de instalação do tanque (€)	263,30	371,22	479,13	587,05	694,97	802,88	910,80	1018,71	1126,63	1234,54
Custo total de água poupada (€)	129,17	144,43	156,36	165,78	173,62	180,68	186,58	191,99	196,79	200,91
Diferença entre benefício e custo (€)	-134,13	-226,79	-322,77	-421,27	-521,35	-622,20	-724,22	-826,72	-929,84	-1033,63
Período de recuperação do investimento (anos)	20,38	25,70	30,64	35,41	40,03	44,44	48,81	53,06	57,25	61,45

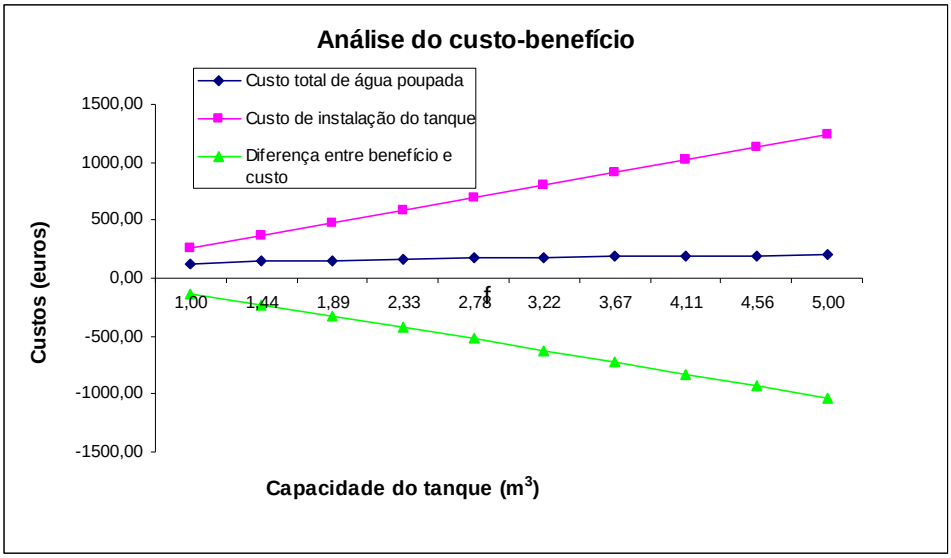


Figura 4.16- Valores obtidos na análise do custo-benefício no caso de estudo Faro

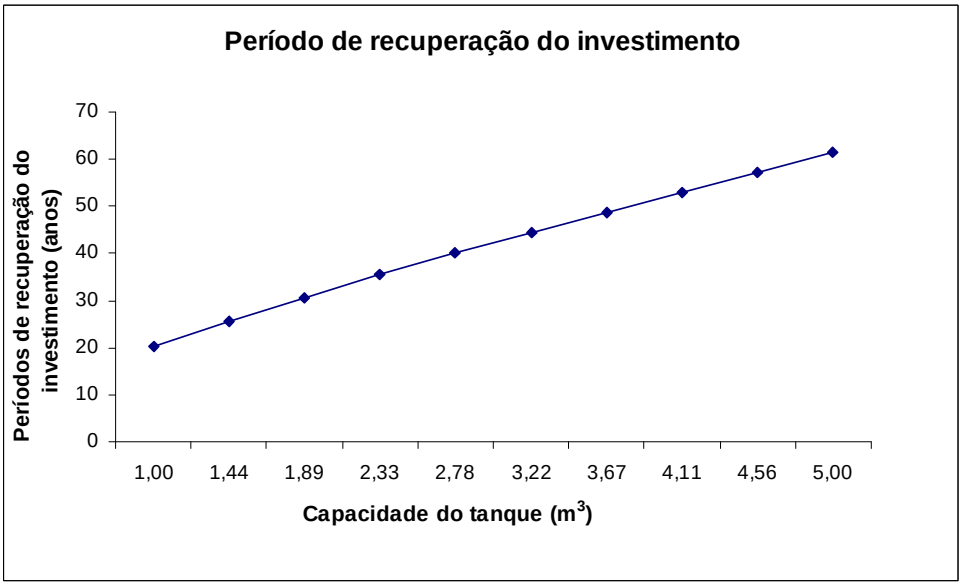


Figura 4.17- Valores obtidos para o período de recuperação do investimento no caso de estudo Faro

Tanto o custo de instalação do tanque como o custo total de água poupada aumentam com a capacidade do tanque, sendo o custo de instalação do tanque sempre superior ao custo total de água poupada, o que significa que o custo é sempre superior ao benefício.

A capacidade mais favorável no que diz respeito à análise do custo-benefício é a capacidade de tanque 1 de 1 m^3. Esta dimensão de tanque assegura que haja água suficiente para usos compatíveis a um custo inferior. Este resultado é devido aos baixos volumes de consumo.

O período de recuperação do investimento para a capacidade de tanque escolhida é de cerca de 20 anos, o que é um valor que pode ser considerado pouco razoável.

De todos os casos de estudo, este e o caso de estudo de Toito- Guarda utilizando um tanque em PEAD, são os que conduzem a piores resultados em termos de análise económica, pois as diferenças entre o benefício e o custo obtidas para estes casos são as mais baixas. A justificação para este facto prende-se com o valor elevado do custo de instalação dos tanques em PEAD e, no

caso de Faro, com a pouca diversidade de usos considerados para aproveitamento de água pluvial, o que vai diminuir o consumo de água não potável e consequentemente o custo de água poupada.

5 Discussão dos resultados obtidos nos casos de estudo

Em seguida, são discutidos os resultados gerais da aplicação do simulador aos três casos de estudo.

As curvas dos volumes diários obtidas para cada um dos casos de estudo apresentam um comportamento semelhante. Como seria expectável, o volume armazenado aumenta com a capacidade do tanque, logo menor será o consumo de água potável e o mesmo acontece com o volume de água pluvial descarregado para o sistema público de colectores. No entanto, há que adequar a gama de capacidades de tanque, quer à magnitude dos consumos, quer à área de captação. Isto pode ser conseguido fazendo a aplicação do simulador primeiro para uma gama mais alargada, dependendo do espaço disponível, e seguidamente aplicar para uma gama mais restrita, refinando os valores obtidos.

Relativamente às eficiências, observa-se que a eficiência do SAAP e a percentagem do volume de água pluvial usado em usos compatíveis aumentam com a capacidade do tanque para todos os casos de estudo, pois o volume de água pluvial utilizada também aumenta. O comportamento do gráfico da eficiência no uso do tanque difere ligeiramente de caso para caso. No caso de estudo Toito-Guarda, a eficiência aumenta inicialmente até atingir uma determinada capacidade de tanque diminuindo em seguida; para o caso LNEC-Lisboa verifica-se o inverso e, no caso de Faro, aumenta sempre. Este comportamento da eficiência no uso do tanque permite concluir que nos casos de estudo Toito-Guarda e Faro será mais vantajoso a utilização de tanques de menores dimensões e no caso de estudo LNEC será mais favorável o uso de tanques de maiores capacidades. Tal facto resulta da magnitude dos consumos ser pequena para o primeiro e para o terceiro casos de estudos. No segundo caso de estudo, o maior consumo de água não potável permite maior aproveitamento da água pluvial para as utilizações previstas.

Na análise económica, constata-se que, em todos os casos de estudo, o custo de instalação do tanque e o custo total de água poupada aumentam com a capacidade de tanque. Quanto maior for a capacidade de tanque, maiores serão os custos associados à sua construção e instalação. Dada a relevância destes resultados, é importante obter sempre que possível valores realistas para os custos, quer do tanque, quer da tarifa média.

O caso de estudo LNEC-Lisboa é o único em que o custo total de água poupada é sempre superior ao custo de instalação do tanque, portanto, em termos económicos, é o que apresenta uma situação mais favorável para a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Os valores obtidos para o período de recuperação do investimento confirmam este facto. No entanto, os valores das eficiências são significativamente inferiores, pois nos restantes casos, as capacidades de tanque seleccionadas adaptam-se melhor ao volume de água que atinge o tanque e ao volume de água pluvial que é consumido.

O período de recuperação do investimento tem um comportamento equivalente em todos os casos de estudo aumentando com a capacidade de tanque devido ao aumento do custo de instalação do tanque.

Da Tabela 5.1 constam os principais resultados obtidos para cada uma das capacidades de tanque seleccionadas no período em análise de 10 anos.

Tabela 5.1- Principais resultados obtidos para cada uma das capacidades de tanque favoráveis no período em análise de 10 anos

Grandezas	Casos de estudo			
	Toito-Guarda		LNEC-Lisboa	Faro
	Tanque em betão	Tanque em PEAD	Tanque em betão	Tangue em PEAD
Capacidades de tanque mais favoráveis (m^3)	1,00	1,00	20,00	1,00
Volume médio diário armazenado no tanque (m^3)	0,19	0,19	2,97	0,17
Volume médio diário descarregado para o esgoto (m^3)	0,09	0,09	2,59	0,13
Volume médio diário não utilizado do tanque (m^3)	0,81	0,81	17,03	0,83
Consumo médio diário de água potável (m^3)	0,17	0,17	6,73	0,22
Consumo médio diário de água não potável (m^3)	0,09	0,09	2,00	0,10
Eficiência no uso do tanque (%)	19,06	19,06	14,86	16,67
Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável (%)	34,62	34,62	22,92	30,83
Eficiência do SAAP (%)	39,57	39,57	33,32	33,43
Custo de instalação do tanque (€)	189,60	263,30	2662,83	263,30
Custo total de água poupada (€)	205,24	205,24	8149,82	129,17
Diferença entre benefício e custo (€)	15,63	-58,07	5486,98	-134,13
Período de recuperação do investimento (anos)	9,24	12,83	3,27	20,38

Importa ainda referir que os valores das eficiências não serão, expectavelmente, muito elevados em virtude da variabilidade da precipitação característica do clima de Portugal.

Os resultados obtidos, como era de esperar, permitem confirmar que a utilização da precipitação diária nos cálculos possibilita uma melhor caracterização do regime de precipitação local, conduzindo a resultados mais realísticos em cada situação, embora tal não se aplique em eventos com uma intensidade de precipitação elevada.

A partir do exposto anteriormente, é possível afirmar que, do ponto de vista económico, a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é particularmente favorável no caso de instalações com consumos e áreas de captação significativos (por exemplo, prédios, centros comerciais) ou habitações unifamiliares cuja água pluvial seja utilizada em diversos usos.

O benefício económico considerado foi apenas o custo de água poupada. Se forem associados custos à descarga de águas residuais, estes poderão ser incluídos na tarifa média, para uma estimativa mais realista da melhor capacidade de tanque.

6 Conclusões

Após a realização deste trabalho, conclui-se que o aproveitamento de água pluvial em usos urbanos não potáveis é uma técnica com potencial significativo em Portugal Continental.

Através da análise SWOT e dos resultados do simulador, constata-se que esta é uma técnica que pode contribuir para atenuar problemas no nosso país como a falta de água potável no interior e sul do país durante os meses de Verão, e a elevada probabilidade ou gravidade de inundações em zonas urbanas. Contudo, dado o preço da água da rede pública ser ainda relativamente baixo em Portugal, a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial nem sempre é a solução mais favorável em termos económicos. Os maiores benefícios serão obtidos para instalações com elevados consumos e áreas de captação apreciáveis ou em habitações unifamiliares cuja água pluvial seja utilizada em diversos usos, possibilitando por um lado a poupança de água proveniente do sistema público de abastecimento e, pelo outro, a redução da água pluvial descarregada para os sistemas de drenagem.

A utilização de água pluvial em usos como a rega de jardins é bastante benéfica para as plantas, porque não contém cloro, e permite o aumento da infiltração das águas pluviais, recarregando os aquíferos e contribuindo para a renaturalização do ciclo urbano da água e, consequentemente, para minimizar os efeitos das alterações climáticas. Neste âmbito, o aproveitamento de água pluvial apresenta-se como uma oportunidade e ao mesmo tempo como uma ameaça. Por um lado, a diminuição da disponibilidade de água vem reforçar a necessidade deste tipo de sistemas, mas, pelo outro, a concentração e intensificação dos fenómenos de precipitação vai exigir uma maior capacidade de transporte da superfície de captação até ao tanque e um maior volume de tanque para enfrentar os períodos secos que tendencialmente serão mais secos, para obter os mesmos níveis de benefícios.

As principais desvantagens associadas a esta técnica prendem-se com o facto da implementação do sistema implicar um investimento inicial significativo e poder haver uma limitação da quantidade de precipitação utilizada em resultado da sua variabilidade temporal, o que pode ser acentuado em virtude das alterações climáticas previstas.

Actualmente, em Portugal, existem já algumas empresas que comercializam as componentes necessárias para a captação e armazenamento da água pluvial, no entanto os exemplos da sua aplicação são escassos e restringem-se, na sua maioria, à rega de jardins. Neste sentido, seria relevante a adopção de medidas para consciencializar as pessoas para problemas como a escassez de água potável e, nesta sequência, se apresente o aproveitamento de água pluvial como uma solução válida para contribuir para a mitigação desses problemas. O incentivo poderá passar por benefícios fiscais ou económicos para que se recorra a esta técnica subsidiando, por exemplo, uma pequena parte da sua instalação. Por outro lado, seria importante a normalização específica do aproveitamento de água pluvial para garantir a qualidade dos produtos e soluções comerciais e evitar o mau funcionamento do próprio sistema. Seria, também, importante a revisão da regulamentação em vigor que impede a viabilização desta técnica em redes interiores (em particular, o DL 23/95 e alguns

regulamentos municipais existentes). Por último, seria, igualmente, crucial proceder-se à utilização de rótulos apropriados para os dispositivos, sistemas e equipamentos utilizados para aproveitamento de água pluvial de forma a combater o desinteresse das pessoas por falta de soluções com qualidade.

Com esta dissertação, procura-se chamar a atenção das pessoas para a importância do aproveitamento de água pluvial e incentivar a sua aplicação através da utilização de uma aplicação que permite determinar o volume de água poupado e o custo associado.

O simulador elaborado torna possível mediante diferentes aplicações avaliar o potencial local de aproveitamento segundo circunstâncias específicas. Tal facto ajuda a pessoa a escolher se, no seu caso concreto, é ou não favorável proceder à instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial e, em caso afirmativo, quais os benefícios para diferentes capacidades de armazenamento. Esta aplicação, também, tem a vantagem dos volumes serem determinados dia a dia a partir de dados locais conduzindo a resultados mais realísticos em cada situação. No entanto, o modelo adoptado assume que o sistema de transporte tem capacidade para aduzir o volume precipitado (deduzidas as perdas iniciais) para o tanque, o que não é verdade em eventos com uma intensidade de precipitação elevada.

Naturalmente que o simulador poderá, futuramente, ser objecto de melhorias, quer em termos gráficos, quer no detalhe dos dados. No entanto, o resultado configura a resposta aos objectivos estabelecidos para este trabalho.

Referências bibliográficas

Livros e outros documentos

Almeida, M.C.; Vieira, P.; Ribeiro, R.; Fernando, R.M.; Alves, I.M.; Teixeira, J.L.; Cameira, M.R.C. (2005). *Apoio à implementação do programa nacional para o uso eficiente da água. Requisitos de regulamentação e normalização. Relatório Técnico n.º 9.* Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa. Relatório 227/05-NES (Relatório Confidencial).

Almeida, M.C.; Vieira, P.; Ribeiro, R. (2006). *Uso eficiente da água no sector urbano.* Série Guias Técnicos 8. Instituto Regulador de Águas Residuais, Instituto da Água e Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Agosto de 2006. ISBN 972-99354-9-1.

Antunes, A.M; Gomes, A.A.; Menéres, A.; Freitas, A.P.; Araújo, A.; Martins, A.P.; Dias, C.C.; Castro, C.; Távora, F.; Torres, F.; Amaral, F.K.; Dias, F.S.; George, F.; Malato, J.J.; Lobo, J.H.; Pereira, N.T.; Filgueiras, O.L.; Pimentel, R. (1988). *Arquitectura Popular em Portugal.* Volume 3. Zona 5-Alentejo, Zona 6-Algarve. 3ª Edição. Associação de Arquitectos Portugueses.

ARENA (2006). *Arquitectura da água – Ilha Graciosa.* Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma dos Açores com o apoio da Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. ISBN 989-95043-1-9.

Baptista, J.M.; Almeida, M.C.; Vieira, P.; Silva, A.M.; Ribeiro, R.; Fernando, R.M.C.; Serafim, A.; Alves, I.; Cameira, M.R. (2001). *Programa Nacional para o Uso eficiente da água* (Versão preliminar). Outubro, INAG, Lisboa (60 p.). <http://www.inag.pt/inag2004/port/quem_somos/pdf/uso_eficiente_agua.pdf>.

Bertolo, E.J.P. (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações.* Dissertação realizada sob a supervisão do Professor Doutor Mário Neves do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. pp 155-158. Porto, Junho de 2006.

Blaser, I. (2008). *Projecto "casa e jardim" em Assumadas, Algarve.* <http://www.garden-design.com.pt/pt/projekt-1.html>.

Carlon, M.R. (2005). *Percepção dos actores sociais quanto a alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville.* Dissertação de mestre da Universidade do Vale do Itajaí. <http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-BTM.asp>.

CMG (2007). Tarifas de água e aluguer mensal de contadores. Câmara Municipal da Guarda. <http://www.mun-guarda.pt/index.asp?idEdicao=51&id=318&idSeccao=685&Action=noticia>.

CML (2006). *Alta do Lumiar mais verde com novo parque público.* Câmara Municipal de Lisboa. <http://www.cm-lisboa.pt/?id_item=12289&id_categoria=11, (29 de Julho de 2006)>.

CMLagoa (2007). *Minuta da acta n.º6/2007.* Câmara Municipal de Lagoa (Algarve). <www.cm-lagoa.pt/central/downloads/?download=Minuta%20Acta%20camara%2013022007.pdf>.

Cobley, J.C. (2004). *SUDS: the consultant's specification.* Proc. of Standing Conference on Stormwater Source Control Quantity and Quality. 13th February 2002, Conventry university, UK, volume 25.

CSE (2002). *Wireless Water Meter.* Technology. The CSE Campaign For People´s Water Management. Catch Water Newsletter. Vol. 4 No. 1. Centre for Science and Environment. <http://www.rainwaterharvesting.org/catchwater/feb2002/technology.htm#water, (Fevereiro de 2002)>.

Day, M. (2002). *The Millennium Green development rainwater project.* Proc. of Standing Conference on Stormwater Source Control Quantity and Quality. 13th February 2002, Conventry university, UK, volume 22.

Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto (1994). *Revisão e Actualização dos Regulamentos Gerais das Canalizações de Água e de Esgoto.* Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto. <http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_154_1_0001.htm>.

Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto (1995). *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais.* Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto. <http://www.cm-

odivelas.pt/CamaraMunicipal/ServicosEquipamentos/ActividadesEconomicas/SMIC/anexos/DR_23_95.pdf>.

Dixon, A.M. (1999). *Simulation of domestic water re-use systems: greywater and rainwater in combination.* A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of University of London. Environmental and Water Resources Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering. Imperial College of Science, Technology and Medicine. London. September 1999.

DQA (2000). *Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água.* Jornal Oficial das Comunidades Europeias. pp 14. <http://dqa.inag.pt/dqa2002/pdf/D_Q.pdf>.

DTU (2003). *Domestic Roofwater Harvesting Technology*. School of Engineering, University of Warwick, UK. Development Technology Unit. <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/components4.html>.

Ecoágua (2007a). *Obra de referência. Moradia Unifamiliar.* <http://www.ecoagua.pt/index.php?option=content&task=view&id=78&Itemid=125>.

Ecoágua (2007b). *Aproveitamento de água pluvial*. 3P Technik Filtersysteme GmbH. Ecoágua, Lda. Lisboa. <http://web92.server1.netmotion.de/cms/upload/dokumente/3P_Filtersysteme_S_P_screen.pdf>.

Environment Agency (1999). *Rainwater Collecting.* Conserving water in Buildings.

EPAL (2007). *Preços da venda de água em Lisboa.* <http://www.epal.pt/epal/EN/Contactos.aspx?area=288&menu=329>.

Fewkes, A. (1999). *Modelling the performance of rainwater collection systems.* Towards a generalised approach. Submitted to Urban Water.

Fewkes, A.; Buttler, D. (1999). *Simulating the performance of rainwater collection systems using behavioural models.* Submitted to Building Services Engineering Research Technology.

Fewkes, A.;Warm, P. (2001). *A method of modeling the performance of rainwater collection systems in UK.* Proc. of 1st Nat. Conf. on Sustainable Drainage. 18-19th June 2001, Coventry university, UK, pp 232-242.

GDRC (2005). *An Introduction to Rainwater Harvesting.* The Global Development Research Center. <http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/introduction.html>.

Gnadlinger, J. (2000). *Colheita de água de chuva em áreas rurais.* IRPAA. Juazeiro. Palestra proferida no 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda. <http://www.irpaa.org.br/br/ebooks.htm>.

Jenkins, D.; Pearson, F.; Moore, E.; Sun, K.; Valentine, R. (1978). *Feasibility of rainwater collection systems in California.* Contribution n.º 173 Californian Water Resources Centre, University of California.

IA (2003). *Precipitação.* Atlas do Ambiente. Agência Portuguesa do Ambiente. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto Ambiente. <http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente&grupo=&tema=c_prectotal>.

IAPMEI (2001). *Período de recuperação do investimento.* Finanças empresariais – avaliação de projectos de investimento. Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação. <http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=578, (12 de Julho de 2001)>.

MAOTDR (2007). *PEAASAR II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013.* Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. <http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/PEAASAR.pdf>.

Mayer, P.W.; DeOreo, W.B.; Opitz, E.M.; Kiefer, J.C.; Davis, W.Y.; Dziegielewski, B.; Nelson, J.O. (1999). *Residential End Uses of Water.* American Water Works Research Foundation: Denver, Colorado.

Millennium bcp (2007). *Relatório de Sustentabilidade.* pp. 79. Porto, Abril de 2007. <http://www.millenniumbcp.pt/multimedia/archive/00394/18_04_07_R_C_06_Sus_394538a.pdf>.

O mirante online (2007). *Antigo hospital do Cartaxo transformado em lar de terceira idade.* <http://semanal.omirante.pt/index.asp?idEdicao=289&id=34788&idSeccao=4091&Action=noticia, (30 de Maio de 2007)>.

Pequeno, M. (2006). *Climatologia de Portugal Continental*. Federação de Columbofilia. <http://www.fpcolumbofilia.pt/meteo/escola13.htm>.

Perdomo, C.C.; Oliveira, P.A.V.; Kunz, A. (2005). *Seminário sobre Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva.* UnC Concórdia, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional de Concórdia, Embrapa Suínos e Aves. <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/bin/view/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados#Teses_font>.

Pereira, S.; Coelho, C.; Silva - Afonso, A. (2006). *O sistema de rega da Casa do Futuro da Universidade de Aveiro: pesquisa de soluções inovadoras.* Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. pp 1. <www.ualg.pt/5cigpa/comunicacoes/artigo%20Pereira_Coelho_Silva%20Afonso.doc>.

Philips, A.A. (2005). *City of Tucson - Water Harvesting Guidance Manual.* City of Tucson, Department of Transportation, Stormwater Management Section. October 2005. <http://dot.ci.tucson.az.us/stormwater/downloads/2006WaterHarvesting.pdf>.

Quintela, A.C.; Hipólito, J.N. (1996). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico (IST).

RainCycle Advanced (2005). *User Manual: Rainwater Harvesting Hydraulic Simulation and Whole Life Costing Tool v 2.0.* November 2005. SUD Solutions. <www.SUDSolutions.com>.

Ratcliffe, J. (2002). *Telford rainwater harvesting project.* Proc. of Standing Conference on Stormwater Source Control Quantity and Quality. 13th February 2002, Conventry university, UK, volume 22.

Roebuck, R.M.; Ashley, R.M. (2006). *Predicting the hydraulic and life-cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modelling tool.* 7th International Conference on Urban Drainage Modelling. 4th-6th April 2006. Melbourne, Australia.

Rotoport (2007). *Tabela de preços – depósitos*. Março. Versão 08/2007.

Sabino, A.A. (2001). *Os sistemas de "Water Harvesting" e a sua aplicação em Cabo Verde*. 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido. Instituto Superior de Educação, Praia, Cabo Verde. Petrolina, 21-23 de Novembro de 2001. <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3%20Simp_Antonio%20Advindo_%20Os%20Sistemas%20Water%20Haversting.pdf>.

Smet, J. (2003). *Domestic Rainwater Harvesting.* March 2003. <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/fact-sheets/fact-sheets-htm/drh.htm>.

SUD Solutions (2005). *Products: RainCycle.* Sustainable Drainage Solutions. <http://www.sudsolutions.com/raincycle.htm>.

SUD Solutions (2006). *Predicting the hydraulic and life-cycle cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modelling tool.* RainCycle Presentation at the 7th International Conference on Urban Drainage Modelling/4th International Conference on Water Sensitive Urban Design. Melbourne, Australia. April 2006. Sustainable Drainage Solutions. <www.sudsolutions.com/website_dls/RainCycle_Presentation.ppt>.

Thomas, P.R.; Grenne, G.R. (1993). *Rainwater quality from different roof catchments*. Water Science.

TMH (2003). *Declaração Ambiental*. Angra do Heroísmo, Ilha Terceira, Açores. pp 17. Terceira Mar Hotel. <http://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/es_library/55_1pt_tercmar03_pt.pdf>.

Tomaz, P. (2003). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo. Navegar Editora.

Tostões, A.; Silva, F.J.; Caldal, J.V.; Fernandes, J.M.; Janeiro, M.L.; Barcelos, N.; Mestre, V. (2000). *Arquitectura Popular dos Açores.* Ordem dos Arquitectos, ISBN 972-97668-1-9.

TWDB (2005) - Texas Water Development Board in Cooperation with Chris Brown, Jan Gerston e Stephen Colley. *The Texas Manual on Rainwater Harvesting.* Texas Third Edition. Austin, Texas. pp 5 – 26.

<http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf#search=%22The%20Texas%20Manual%20on%20Rainwater%20Harvesting%22>.

UNEP (2006). *Examples of Rainwater Harvesting and Utilisation Around the World*. An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision – Makers. Rainwater Harvesting and Utilisation. Newsletter and Technical Publications. Division of Technology, Industry and Economics. United Nations Environment Programme. <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp>.

Ventura, L. (2007). *S. João da Madeira: «8ª Avenida» abre hoje ao público*. Diário de Aveiro. <http://www.diarioaveiro.pt/main.php?mode=public&template=frontoffice&srvacr=pages_13&id_page=2553, (27 de Setembro de 2007)>.

Vitorino, F. (2006). *Uso eficiente da água em consumos públicos: contributo para a caracterização do uso e aumento da eficiência.* Relatório de Estágio Formal para a Ordem dos Engenheiros. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Departamento de Hidráulica e Ambiente. Núcleo de Engenharia Sanitária. Lisboa. Agosto de 2006.

Weintraub, D. (2008). *Old idea that´s new again: rainwater harvesting.* 29 de Maio de 2008.<http://www.sacbee.com/110/story/972737.html>.

Wikipédia (2007a). *Cisterna.* <http://pt.Wikipédia.org/wiki/Cisterna, (16 de Novembro de 2007)>.

Wikipédia (2007b). *Pedra Moabita.* <http://pt.Wikipédia.org/wiki/Pedra_Moabita, (19 de Outubro de 2007)>.

Wikipédia (2007c). *Massada.* <http://pt.Wikipédia.org/wiki/Massada, (12 de Novembro de 2007)>.

Wikipédia (2008a). *Knossos.* <http://en.Wikipédia.org/wiki/Knossos, (10 de Janeiro de 2008)>.

Wikipédia (2008b). *Castelo de Tomar.* <http://pt.Wikipédia.org/wiki/Castelo_de_Tomar, (4 de Janeiro de 2008)>.

Wikipédia (2008c). *Análise SWOT*. <http://pt.Wikipédia.org/wiki/An%C3%A1lise_SWOT, (11 de Janeiro de 2008)>.

WSUDSR (2004). *Rainwater tanks*. Practice note 4. Water Sensitive Urban Design in the Sydney Region.

Sítios na Internet

Câmara Municipal de Lisboa- http://www.cm-lisboa.pt/?id_item=12289&id_categoria=11

Centre for Science and Environment- http://www.rainwaterharvesting.org/urban/urwh-form.html

ChuvaNet- http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/bin/view/ChuvaNet/ChuvaDownload

Ecoágua- http://www.ecoagua.pt/index.php

Grundfos- http://www.grundfos.pt/

RainCycle- http://www.sudsolutions.com/raincycle.htm

Rainwater Harvesting Guide- http://www.rain-barrel.net/rainwater-collection.html

Rotoport- http://www.rotoport.com/

SNIRH- http://snirh.inag.pt/

TWDB- http://www.twdb.state.tx.us/assistance/conservation/alternative_technologies/rainwater_harvesting/rain.asp

The Global Development Research Center-http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/introduction.html

United Nations Environment Programme- http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp

Anexo A- Custos típicos para os tanques disponíveis no mercado português

MODELO

Descrição Descripción	Referência Referencia	Volume Volumen (Litros)	∅ (mm)	Compr. Largo (mm)	Altura Alto (mm)	∅Tampa Tapa (mm)	Preço Recomendado Precio Recomendado Superfície €	Reforçado €
Depósito Horizontal	DHR 500	500	750	1.250	830	300	153,02	204,99
	DHR 1.000	1.000	950	1.550	1.050	400	268,82	286,00
	DHR 2.000	2.000	1.350	1.665	1.360	400	364,38	472,68
	DHR 3.000	3.000	1.520	1.945	1.565	400	501,28	616,15
	DHR 5.000	5.000	1.840	2.210	1.865	400	919,02	1.074,38
Depósito Horizontal Grande Capacidade para enterrar	DHRN 10.000	10.000	2.050	3.500	2.150	620	-	2.587,55
	DHRN 15.000	15.000	2.050	5.000	2.150	620	-	3.778,26
	DHRN 20.000	20.000	2.050	6.500	2.150	620	-	4.968,98
	DHRN 25.000	25.000	2.050	8.000	2.150	620	-	6.159,69
	DHRN 30.000	30.000	2.050	9.500	2.150	620	-	7.447,92
	DHRN 35.000	35.000	2.050	11.000	2.150	620	-	8.541,12
	DHRN 40.000	40.000	2.050	12.500	2.150	620	-	9.731,84

Figura A.1- Preços de venda ao público de tanques em PEAD (Rotoport, 2007)

Tabela A.1- Custos de tanques em betão fornecidos pela Direcção de Infraestruturas da Força Aérea

Descrição	Operações	Custos (€)
Tanque parcialmente enterrado no solo e tapado com um volume de 10 m^3	Instalação (escavação) Betão, armaduras e cofragens	150 1500
Tanque apoiado sobre o solo e tapado com um volume de 20 m^3	Instalação (escavação) Betão, armaduras e cofragens	150 2500
Tanque totalmente enterrado e tapado com um volume de 30 m^3	Instalação (escavação) Betão, armaduras e cofragens	500 3000-

Anexo B- Bibliografia consultada

Livros e outros documentos

ADP (2006). *A lei da água.* Águas & Resíduos, série III, n.º1. Aguas de Portugal. Maio/Agosto 2006.

Revista que contém um caso de estudo relacionado com o aproveitamento de água pluvial.

Agarwal, A. *Drought? Try capturing the rain.* Briefing paper for members of parliament and state legislatures. An Occasional Paper from the Centre for Science and Environment, India.

Documento que enumera as medidas que devem ser tomadas para resolver o problema da seca na Índia, entre as quais se destaca o aproveitamento de água pluvial.

Almeida, M.C.; Vieira, P.; Ribeiro, R.; Fernando, R.M.; Alves, I.M.; Teixeira, J.L.; Cameira, M.R.C. (2005). *Apoio à implementação do programa nacional para o uso eficiente da água. Requisitos de regulamentação e normalização. Relatório Técnico n.º 9.0.* Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa. Relatório 227/05-NES (Relatório Confidencial).

Relatório confidencial de apoio à implementação do programa nacional para o uso eficiente da água, onde são analisados documentos regulamentares e normativos relevantes e são identificadas incompatibilidades e lacunas para a aplicação das medidas consideradas no PNUEA.

Almeida, M.C.; Vieira, P.; Ribeiro, R. (2006). *Uso eficiente da água no sector urbano.* Série Guias Técnicos 8. Instituto Regulador de Águas Residuais, Instituto da Água e Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Agosto de 2006. ISBN 972-99354-9-1.

Série de guias técnicos sobre o uso eficiente da água no sector urbano.

Antunes, A.M; Gomes, A.A.; Menéres, A.; Freitas, A.P.; Araújo, A.; Martins, A.P.; Dias, C.C.; Castro, C.; Távora, F.; Torres, F.; Amaral, F.K.; Dias, F.S.; George, F.; Malato, J.J.; Lobo, J.H.; Pereira, N.T.; Filgueiras, O.L.; Pimentel, R. (1988). *Arquitectura Popular em Portugal.* Volume 3. Zona 5-Alentejo, Zona 6-Algarve. 3ª Edição. Associação de Arquitectos Portugueses.

Enciclopédia que se refere à arquitectura típica das casas no Alentejo e no Algarve.

Araújo, M.A. (2001). *Geografia Física de Portugal.* Tópicos de programa. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. 17 de Novembro de 2001. <http://www.letras.up.pt/geograf/geofis/t1.html#INDICE>.

Resumo da geografia física de Portugal.

ARENA (2006). *Arquitectura da água – Ilha Graciosa.* Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma dos Açores com o apoio da Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. ISBN 989-95043-1-9.

Pequeno livro que fala do aproveitamento de água pluvial na Ilha Graciosa.

Baptista, J.M.; Almeida, M.C.; Vieira, P.; Silva, A.M.; Ribeiro, R.; Fernando, R.M.C.; Serafim, A.; Alves, I.; Cameira, M.R. (2001). *Programa Nacional para o Uso eficiente da água (Versão preliminar)*. Outubro, INAG, Lisboa (60 p.). <http://www.inag.pt/inag2004/port/quem_somos/pdf/uso_eficiente_agua.pdf>.

Documento que refere o aproveitamento de água pluvial como medida possível para o uso eficiente da água.

Bertolo, E.J.P. (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações.* Dissertação realizada sob a supervisão do Professor Doutor Mário Neves do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. pp 155-158. Porto, Junho de 2006.

Dissertação de mestrado em que são apresentados alguns casos de aplicação desta técnica em Portugal Continental.

Bowden, D.; Strutt, J.; Diaper, C.; Strathern, M.; Fewkes, A.; Sterne, S.; Surman, S.; Grant, N. *HAZOP Office building rainwater recycling system.* Cranfield University. School of Water Sciences.

Este documento contém a análise de risco feito a um prédio que utiliza as águas pluviais utilizando o método HAZOP.

Butler, D.; Maksimovic, C. (1999). *Urban Water.* Volume 1. Number 4. Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, UK. Elsevier Science.

Livro que contém estudos relacionados com o aproveitamento de água pluvial (Modelos com o cálculo das dimensões do tanque de água pluvial).

Câmara Municipal de Lagoa (Algarve) (2007). *Minuta da acta n.º6/2007.* <www.cm-lagoa.pt/central/downloads/?download=Minuta%20Acta%20camara%2013022007.pdf>.

Acta que contém os preços de consumo de água para o município de Lagoa no Algarve.

Carlon, M.R. (2005). *Percepção dos actores sociais quanto a alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville.* Dissertação de mestre da Universidade do Vale do Itajaí. <http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-BTM.asp>.

Dissertação que fala sobre as alternativas viáveis para a implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva no município de Joinville.

Cobley, J.C. (2004). *SUDS: the consultant's specification.* Proc. of Standing Conference on Stormwater Source Control Quantity and Quality. 13th February 2002, Conventry university, UK, volume 25.

Documento que descreve um projecto relacionado com o aproveitamento de água pluvial.

Coombes, P.J.; Spinks, A.; Evans, C.; Dunstan, H. *Performance of Rainwater Tanks at an Inner City House in Carrington NSW During a Drought.* School of Environmental and Life Sciences. University of Newcastle, Australia. <http://www.wsud.org/downloads/Info%20Exchange%20&%20Lit/WSUD_04_Conf_Papers/search=%22Rainwater%20Catchment%20Systems%20ECONOMIC%20BENEFITS%22>.

Documento que inclui alguns dos custos das tecnologias necessárias ao aproveitamento de águas pluviais.

Correia, M.J.N (2005). *Poluição Atmosférica e Tratamento de Efluentes Gasosos – Teoria*. Licenciatura em Engenharia do Ambiente. pp 55-77.Secção de Folhas. AEIST.

Sebenta da disciplina de Poluição Atmosférica e Tratamento de Efluentes Gasosos que contém uma explicação pormenorizada acerca das chuvas ácidas.

COTR – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (2003). *Boletim informativo do Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio.* Ano I – N.º 3 – Trimestral. pp 5-9. Outubro 2003. <http://www.cotr.pt/documentos/Cotr_inf_3.pdf>.

Contém um destacável que fala das necessidades em água do olival na zona Sul do país.

D' Abreu, A.O.C. (1977). *Análise Biofísica – Solo*. Tópicos e Bibliografia. Universidade de Évora. Março 1977.

Sebenta que caracteriza os vários tipos de solo.

Dalmer, L. (2002). *SQIRTS – on-site stormwater treatment and reuse approach to sustainable water management in Sydney.* Water Science and Technology Vol 46 No 6-7 pp 151-158. South Sydney City Council, Australia.

Publicação que descreve o programa SQIRTS. A finalidade deste programa é apresentar as melhores práticas de utilização da água, aprender a forma de as implementar e encorajar o uso destas tecnologias.

Day, M. (2002). *The Millennium Green development rainwater project.* Proc. of Standing Conference on Stormwater Source Control Quantity and Quality. 13th February 2002, Conventry university, UK, volume 22.

Documento que descreve um projecto relacionado com o aproveitamento de água pluvial.

Decreto – Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto (1994). *Revisão e Actualização dos Regulamentos Gerais das Canalizações de Água e de Esgoto.* Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Decreto – Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto. <http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_154_1_0001.htm>.

Legislação referente às canalizações de água e de esgoto.

Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto (1995). *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais.* Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto. <http://www.cm-odivelas.pt/CamaraMunicipal/ServicosEquipamentos/ActividadesEconomicas/SMIC/anexos/DR_23_95.pdf>.

Legislação que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

Dixon, A.M. (1999). *Simulation of domestic water re-use systems: greywater and rainwater in combination.* A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of University of London. Environmental and Water Resources Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering. Imperial College of Science, Technology and Medicine. London. September 1999.

Esta tese de doutoramento descreve uma investigação, sobre a viabilidade da reutilização da água doméstica, que compreende uma revisão bibliográfica, um estudo laboratorial e uma simulação em computador com vista a uma análise detalhada do problema.

DQA (2000). *Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. pp 14. <http://dqa.inag.pt/dqa2002/pdf/D_Q.pdf>.

Directiva europeia que contém alguma informação referente ao aproveitamento de água pluvial.

DTU – Development Technology Unit (2003). *Domestic Roofwater harvesting technology*. School of Engineering, University of Warwick, UK. <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/components4.html>.

Documento que fala dos tanques de armazenamento de água pluvial.

Durley, J.; King, J.W.; Nowlan, S.; Wood, N. *Rain Water System Design for the New Environmental Science and Engineering Building*. <http://www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/projects/library/760/>.

Este documento faz a análise da viabilidade económica e define os benefícios que se podem obter com a implementação de um sistema de águas pluviais no Campus da Universidade de Waterloo.

Environment Agency (1999). *Rainwater Collecting.* Conserving water in Buildings.

Documento que refere alguns exemplos do aproveitamento de água pluvial no Reino Unido.

Fewkes, A. (1999). *Modelling the performance of rainwater collection systems.* Towards a generalised approach. Submitted to Urban Water.

Documento que descreve um modelo informático utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Fewkes, A.; Buttler, D. (1999). *Simulating the performance of rainwater collection systems using behavioural models.* Submitted to Building Services Engineering Research Technology.

Documento que descreve um modelo informático utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Fewkes, A.;Warm, P. (2001). *A method of modeling the performance of rainwater collection systems in UK.* Proc. of 1st Nat. Conf. on Sustainable Drainage. 18-19th June 2001, Coventry university, UK, pp 232-242.

Documento que descreve um modelo informático utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Gnadlinger, J. (2000). *Colheita de água de chuva em área rurais.* IRPAA. Juazeiro. Palestra proferida no 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda. <http://www.irpaa.org.br/br/ebooks.htm>.

Palestra dada por João Gnadlinger sobre o aproveitamento de água pluvial.

Grundfos (2007). *Grundfos- Catálogo de Verão 2007.* pp 7. Bombas GRUNDFOS Portugal, S.A. Expresso Gráfico – Lisboa.

Catálogo que explica os dados que devem ser inseridos no Wincaps para a selecção das bombas.

Jenkins, D.; Pearson, F.; Moore, E.; Sun, K.; Valentine, R. (1978). *Feasibility of rainwater collection systems in California.* Contribution n.º 173 Californian Water Resources Centre, University of California.

Documento que descreve um modelo informático utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Kitamura, M.C. (2004). *Aproveitamento de águas pluviais para uso não potável na PUCPR.* Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Curso de Engenharia Ambiental. Curitiba. Junho 2004. <http://www.pucpr.br/educacao/academico/graduacao/cursos/ccet/engambiental/tcc/2004/pdf/mariana_kitamura.pdf>.

Trabalho final de curso que faz o estudo da viabilidade do aproveitamento de águas pluviais, para uso não potável, na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) no Campus Curitiba.

Machado, F.O.; Cordeiro, J.S. (2003). *Aproveitamento das águas pluviais: uma proposta sustentável.* VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/bin/view/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados#Aproveitamento_das_aguas_pluviais>.

Documento que se refere ao aproveitamento de águas pluviais nomeadamente no Brasil.

Macomber, P.S.H. (2001). *Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii.* Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. pp 27. <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/factsheets/HawiiRainHarv.pdf>.

Descreve as directrizes para a aplicação do sistema de aproveitamento de água pluvial no Hawaii.

MAOT (2000). *PEAASAR I - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000-2006.* Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Abril de 2000. <http://snirh.inag.pt/snirh/divulgacao/poa/peaasar.html>.

Plano que antecede o PEAASAR II.

MAOTDR (2007). *PEAASAR II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013.* Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. pp 122-146. <http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/PEAASAR.pdf>.

Plano que contém alguma informação acerca do aproveitamento de água pluvial.

Mayer, P.W.; DeOreo, W.B.; Opitz, E.M.; Kiefer, J.C.; Davis, W.Y.; Dziegielewski, B.; Nelson, J.O. (1999). *Residential End Uses of Water.* American Water Works Research Foundation: Denver, Colorado.

Livro onde está patente um estudo levado a cabo para a determinação da frequência diária de utilização da sanita por pessoa.

Millennium bcp (2007). *Relatório de Sustentabilidade*. pp. 79. Porto, Abril de 2007. <http://www.millenniumbcp.pt/multimedia/archive/00394/18_04_07_R_C_06_Sus_394538a.pdf>.

Relatório de sustentabilidade do Millennium bcp que refere a existência de uma cisterna nas instalações do mesmo no TagusPark para o aproveitamento de água pluvial na rega de jardins.

Mota, S. (1999). *Urbanização e meio ambiente.* ABES. Rio de Janeiro.

Livro que fala dos problemas ambientais associados ao desenvolvimento urbano.

Neves, M.V. (2003). *Perspectivas para um uso mais eficiente da água em habitações.* Porto, Portugal. 4p.

Livro do qual consta um estudo efectuado no Porto sobre a frequência da utilização de sanitas numa família de 4 pessoas.

Norma alemã – E DIN 1989 (1989). *Sistemas de aproveitamento de águas pluviais.* Planejamento, execução, operação e manutenção. Tradução J. Sickermann. Alemanha.

Norma alemã que fala do aproveitamento de águas pluviais.

Orgaz, F.; Fereres, E. (1999). Riego. En: BARRANCO, D. 1999. *Cultivo del Olivo.* Ed. Mundi Prensa. Madrid. 267-288. <http://www.infoagro.com/olivo/riego_olivar.asp>.

Documento sobre o cultivo do olival.

Perdomo, C.C.; Oliveira, P.A.V.; Kunz, A. (2005). *Seminário sobre Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva.* UnC Concórdia, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional de Concórdia, Embrapa Suínos e Aves. <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/bin/view/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados#Teses_font>.

Seminário acerca do armazenamento e tratamento da água pluvial nas propriedades rurais.

Pereira, S.; Coelho, C.; Afonso, A.S. (2006). *O sistema de rega da casa do futuro da Universidade de Aveiro: Pesquisa de soluções inovadoras.* Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. <www.ualg.pt/5cigpa/comunicacoes/artigo%20Pereira_Coelho_Silva%20Afonso.doc>.

Artigo científico que fala das soluções que estão a ser exploradas para o sistema de rega da Casa do Futuro da Universidade de Aveiro.

Philips, A.A. (2005). *City of Tucson - Water Harvesting Guidance Manual.* City of Tucson, Department of Transportation, Stormwater Management Section. October 2005. <http://dot.ci.tucson.az.us/stormwater/downloads/2006WaterHarvesting.pdf>.

Manual para o aproveitamento de água pluvial na cidade de Tucson.

Proceedings of the International Conference on Rain Water Cistern Systems. Water Resources Research Center. University of Hawaii at Manoa. Hinolulu, Hawaii. June 1982.

Documento que fala sobre estudos efectuados ao nível dos sistemas de utilização de água pluvial (modelos, efeito das chuvas ácidas e dos metais pesados nas cisternas).

Quintela, A.C.; Hipólito, J.N. (1996). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico (IST).

Sebenta da qual é retirada a tabela de coeficientes de escoamento.

RainCycle Advanced – Rainwater Harvesting Hydraulic Simulation and Whole Life Costing Tool v 2.0 (2005). *User Manual*. November 2005. Sud Solutions. <www.SUDSolutions.com>.

Manual de utilização do simulador *RainCycle*.

Rainsaver (1999). *The revolutionary water conservation and stormwater control device*.

Documento que se refere a um sistema de armazenamento de água pluvial conhecido por *Rainsaver*.

Rainwater tanks…their selection, use and maintenance. Department for Environment Heritage and Aboriginal Affairs. Government of South Australia. Revised May 1999. <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/factsheets/AustraliaRainwater.pdf>.

Documento que se refere ao uso e manutenção dos reservatórios de água pluvial.

Ratcliffe, J. (2002). *Telford rainwater harvesting project.* Proc. of Standing Conference on Stormwater Source Control Quantity and Quality. 13th February 2002, Conventry university, UK, volume 22.

Documento que descreve um projecto relacionado com o aproveitamento de água pluvial.

Roebuck, R.M.; Ashley, R.M. (2006). *Predicting the hydraulic and life-cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modelling tool.* 7th International Conference on Urban Drainage Modelling. 4th-6th April 2006. Melbourne, Australia.

Artigo científico que se refere ao simulador *RainCycle.*

Rotoport (2007). *Tabela de preços – depósitos*. Março. Versão 08/2007.

Tabela de preços de tanques em PEAD fornecidos pela Rotoport.

Sabino, A.A. (2001). *Os sistemas de "Water Harvesting" e a sua aplicação em Cabo Verde.* 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido. Instituto Superior de Educação, Praia, Cabo Verde. Petrolina, 21-23 de Novembro de 2001. <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3%20Simp_Antonio%20Advindo_%20Os%20Sistemas%20Water%20Haversting.pdf>.

Documento que se refere ao aproveitamento de água pluvial em Cabo Verde.

Sickermann, J.; Kohler, M.; Delduque, M.; Gusmão, F. (2001). *Quem não tem chão usa o telhado.* Natureza. São Paulo.

Livro que fala da utilização de telhados verdes.

Smet, J (2003). *Domestic Rainwater Harvesting.* March 2003. <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/fact-sheets/fact-sheets-htm/drh.htm>.

Documento que fala do dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

SOCOMA (Source Control Management) (1997). *Urban Rainwater: Resourcefully Used.* Proceedings of the Eighth European Junior Scientist Workshop. Deventer, The Netherlands, 22-25 September 1995. Edited by Anneke de Braal and Govert Geldof, January 1997.

Este documento contém os procedimentos do oitavo workshop do cientista júnior europeu referentes ao uso urbano da água pluvial.

Terceira Mar Hotel (2003). *Declaração Ambiental.* Angra do Heroísmo, Ilha Terceira, Açores. pp 17. <http://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/es_library/55_1pt_tercmar03_pt.pdf>.

Declaração ambiental da Terceira Mar Hotel que salienta a importância do aproveitamento da água pluvial para o ambiente.

Thomas, P.R.; Grenne, G.R. (1993). *Rainwater quality from different roof catchments.* Water Science.

Livro que fala da qualidade da água pluvial.

Thomas, J.S.; Le Pol, J.; Gillet, S.; Phan, L. (2002). *SIRRUS: evaluation software of the technical and economic profitability of rainwater on an industrial site.* Water Science and Technology Vol 46 No 6-7 pp 71-76, France.

Publicação que fala sobre o software SIRRUS (programa que faz a avaliação da viabilidade económica e técnica do aproveitamento de água pluvial numa indústria).

TJSWCD -Thomas Jefferson Soil and Water Conservation District (2006). *Collecting and Utilizing Rainfall Runoff: A Homeowner's Manual of Ideas for Harvesting Rainwater.* Outubro de 2006. <www.tjswcd.org/rooftopmanual.pdf>.

Manual que fala sobre os componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial em meio urbano e do uso da água pluvial em espaços verdes.

Tomaz, P. (2003). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo. Navegar Editora.

Livro referente ao aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para usos não potáveis.

Tostões, A.; Silva, F.J.; Caldal, J.V.; Fernandes, J.M.; Janeiro, M.L.; Barcelos, N.; Mestre, V. (2000). Arquitectura Popular dos Açores. Ordem dos Arquitectos, ISBN 972-97668-1-9.

Enciclopédia que se refere à arquitectura típica das casas nos Açores.

TWDB (2005) -Texas Water Development Board in Cooperation with Chris Brown, Jan Gerston e Stephen Colley. *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Texas Third Edition. Austin, Texas. pp 5 – 26. <http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf#search=%22The%20Texas%20Manual%20on%20Rainwater%20Harvesting%22>.

Este documento é um manual do Texas referente à água pluvial.

Vasudevan, L. (2002). *A study of biological contaminants in rainwater collected from rooftops in Bryan and College Station, Texas* [masters thesis]. College Station (TX): Texas A&M University. 90 p.

Documento que descreve um estudo relacionado com os contaminantes biológicos da água pluvial recolhidos dos telhados.

Vitorino, F. (2006). *Uso eficiente da água em consumos públicos: contributo para a caracterização do uso e aumento da eficiência.* Relatório de Estágio Formal para a Ordem dos Engenheiros. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Departamento de Hidráulica e Ambiente. Núcleo de Engenharia Sanitária. Lisboa. Agosto de 2006.

Relatório de estágio sobre o uso eficiente de água em consumos públicos.

Wahlgren, R.V. (2000). *Review paper – Atmospheric water vapour processor designs for potable water production: a review.* Wat. Res. Vol 35 No 1 pp 1 – 22. Atmoswater Research, Canada, April 2000. <www.elsevier.com/locate/watres>.

Documento que fala dos processos atmosféricos de vapor de água.

***Water Sensitive Urban Design Guidelines for the City of Knox*.** Murphy Design Group. KLM Development Consultants. April 2002.

A Water Sensitive Urban Design (WSUD) fornece um conjunto de medidas para resolver os problemas ambientais provocados pelos fluxos de água provenientes das reservas de água, das águas da chuva e das águas residuais.

Water Sensitive Urban Design in the Sydney Region (2004). Practice note 4. *Rainwater tanks.*

Este documento refere-se aos tanques de água pluvial.

XXVII IAHR Congressos, *"Water for a changing global comunity. Theme A- Managing Water: Coping with Scarcity and Abundance"*, San Francisco, California, August 10-15, 1997 (ASCE).

Esta publicação salienta a importância da recolha de água pluvial e a sua utilização nas áreas urbanas, nomeadamente, naquelas em que há falta de água (como por exemplo, na cidade de Tripoli).

Zolet, M. (2005). *Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba.* Trabalho de conclusão de curso. Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Curso de Engenharia Ambiental. Curitiba. Junho 2005. <http://www.pucpr.br/educacao/academico/graduacao/cursos/ccet/engambiental/tcc/2005/pdf/marcelo_zolet.pdf>.

Trabalho final de curso que visa demonstrar o potencial aproveitamento de água pluvial para uso residencial na região urbana de Curitiba.

Sítios na Internet

Tabela B.1- Síntese do conteúdo das páginas encontradas na Internet

Estabelecimento	Sítio na Internet	Resumo
Atlas do Ambiente	http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp	Existem mapas interessantes para o trabalho.
Câmara Municipal da Guarda	http://www.mun-guarda.pt/	Página que contém os preços do consumo de água para o município da Guarda.
Câmara Municipal de Lisboa	http://www.cm-lisboa.pt/?id_item=12289&id_categoria=11	Notícia sobre a inauguração de um espaço verde no Lumiar que faz o aproveitamento de água pluvial.
Centre for Science and Environment	http://www.rainwaterharvesting.org/urban/urwh-form.html	Tem um modelo que permite calcular a precipitação em diferentes regiões da Índia bem como um mapa em que quando se clica numa região nos fala dos seus aspectos biogeográficos. Todo o sistema de uso de água pluvial está muito bem explicado e contém imagens muito boas. Também são apontados vários exemplos de aplicação desta técnica.
ChuvaNet	http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/bin/view/ChuvaNet/ChuvaDownload	Tem teses disponíveis online.
Criar mundos	http://criarmundos.do.sapo.pt/Portugal/geovegetacao.html	Fala sobre a vegetação de Portugal.
Diário de Aveiro	http://www.diarioaveiro.pt/	Página do jornal regional Diário de Aveiro que contém uma notícia sobre o aproveitamento de água pluvial num centro comercial.
Docol – Materiais Sanitários	http://www.docol.com.br/interna.cfm?var=planeta_agua&pi=importancia_agua	Fala da importância da água. Possui uma série de gráficos bastante interessantes.
Domestic Roofwater Harvesting	http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh/index.html	Tem um pequeno programa que permite calcular o tamanho da cisterna.
Ecoágua	http://www.ecoagua.pt/index.php	Define com 1 certo detalhe as diferentes etapas de um sistema de utilização de águas pluviais. Tem imagens bastante elucidativas.
Ecoclubes internacional	http://www.ecoclubes.org/mundo/europa/portugal/portugues/novedades4.asp	Informação sobre um inquérito feito no Mindelo (Vila do Conde).
Ecosfera	http://ecosfera.publico.pt/noticias2003/noticia4055.asp	Notícia sobre o facto de Oeiras recorrer à água não potável para rega e abastecimento de auto-tanques.
EPAL	http://www.epal.pt/epal/EN/Contactos.aspx?area=288&menu=329	É possível retirar deste sítio na Internet os preços do consumo de água referentes à zona de Lisboa.
Estado do Rio Grande do Sul	http://www.estado.rs.gov.br/index.php?inc=noticias/noticias_view.php&notid=47790	Refere-se aos *abanbars.*
Europa	http://europa.eu/abc/maps/members/port_pt.htm	Mapa de Portugal Continental.
FAMSI – Fundacion para el avance de los estudios mesoamericamos, inc	www.famsi.org/reports/00016es/section08.htm	Fotografias de *Chultuns.*
Garden-Design	http://www.garden-design.com.pt/pt/projekt-1.html	Refere-se a um caso de aplicação do aproveitamento de água pluvial no Algarve.
Grundfos	http://www.grundfos.pt/	Descrição do sistema RMQ.

Estabelecimento	Sítio na Internet	Resumo
IAPMEI	http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=578	Definição do período de recuperação do investimento
Icep Portugal	http://www.icep.pt/portugal/portugal.asp	Caracteriza vários aspectos de Portugal (localização, população, etc).
Instituto Açoriano de Cultura	http://www.inventario.iacultura.pt/fichas/pico/sroque_fichas/63_274_16.html	Descrição de uma casa típica do Pico nos Açores.
Instituto Futurista	http://institutofuturista.blogspot.com/2006_03_01_institutofuturista_archive.html	Fotografias de telhados verdes.
International Rainwater Catchment Systems Association	http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/factsheets.htm	Tem vários documentos em pdf associados com o tema. Tem informação acerca dos custos.
Jornal do Meio Ambiente	http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-BTM.asp	Trabalhos sobre o aproveitamento de águas pluviais disponíveis on-line.
Lanka Rainwater Harvesting Forum	http://www.rainwaterharvesting.com/	Disponibiliza *online* muitos documentos acerca do assunto deste trabalho.
Meteorologia e Columbofilia	http://www.fpcolumbofilia.pt/meteo/escola13.htm	Fala da climatologia de Portugal Continental.
Nortugal.Info	http://aptus.gotdns.org/nml/nortugal.info/view.asp?ID=1318	Notícia da construção de um empreendimento de habitação sustentável inédito em Portugal.
Nota Positiva	http://www.notapositiva.com/CantinhoMiudos/estudodomeio/riosdeportugal/riosdeportugal.htm	Fala dos rios portugueses.
O Mirante *online*	http://semanal.omirante.pt/index.asp?idEdicao=289&id=34788&idSeccao=4091&Action=noticia	Notícia sobre a inauguração de um lar no Cartaxo que faz o aproveitamento de águas pluviais.
Pima County Regional Flood Control District	http://rfcd.pima.gov/wh/bene.html	Fala dos benefícios e dos componentes do sistema de utilização de água pluvial. Tem umas imagens engraçadas. Faz alusão a sítios na internet importantes relacionados com o tema.
Portugal Live	http://www.portugal-live.net/P/essential/general-flora.html	Fala da vegetação de Portugal.
RainCycle	http://www.sudsolutions.com/raincycle.htm	Aqui é possível fazer o *download* do menu do simulador *RainCycle* e encontrar toda a documentação referente ao mesmo (manual de utilização, por exemplo).
Rain Water Harvesting	http://www.aboutrainwaterharvesting.com/	Tem muita informação relacionada com o tema. Também é possível através de um programa determinar o volume de água pluvial captado.
Rainwater Harvesting Association	http://www.ukrha.org/index.php	Existe uma lista de perguntas colocadas pelas pessoas relativamente ao tema.
Rainwater Harvesting Guide	http://www.rain-barrel.net/rainwater-collection.html	Exemplos de aproveitamento de água pluvial na Ilha de Malta.
Rainwater Harvesting India	http://www.rain-barrel.net/rainwater-harvesting-india.html	Fala do aproveitamento de água pluvial na Índia.
Rotoport	http://www.rotoport.com/	Contém dados importantes para o simulador (volume consumido pelas pessoas num dia).
RTP	http://www.rtp.pt/index.php?article=232803&visual=16	Projecto sobre a construção de empreendimentos de habitação em Matosinhos que usam a água pluvial.
SNIRH	http://snirh.inag.pt/	Informação da climatologia para diferentes regiões de Portugal.

Estabelecimento	Sítio na Internet	Resumo
Sustainable earth technologies	http://www.sustainable.com.au/rainwater.html	Define o conceito de captação da água pluvial e refere-se à sua importância.
Texas Water Development Board	http://www.twdb.state.tx.us/assistance/conservation/alternative_technologies/rainwater_harvesting/rain.asp	São efectuados cálculos semelhantes aos que se pretendem fazer neste trabalho.
The Global Development Research Center	http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/introduction.html	Explica pormenorizadamente a forma como é feito o tratamento de água pluvial (etapas, tecnologias utilizadas, cuidados a ter); fala da aceitabilidade cultural na Ásia; especifica de que forma é feita a manutenção do sistema; aponta as vantagens e desvantagens.
United Nations Environment Programme	http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp	Sítio na internet que apresenta vários casos internacionais de aplicação do sistema de aproveitamento de água pluvial.
Universidade de Arizona	http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html	Refere-se ao aproveitamento de água pluvial na rega de espaços verdes.
Universidade de Montana	http://www.montana.edu/wwwpb/pubs/mt9707.html	Descreve o funcionamento do sistema de captação da água pluvial detalhadamente. São fornecidas equações para o cálculo do volume de água pluvial captada a partir do telhado.
Universidade de Oregon	http://www.uoregon.edu/~hof/S01havestingrain/intro.html	Estudo realizado nesta faculdade sobre o aproveitamento de água pluvial.
Sacbee.com	http://www.sacbee.com/110/story/972737.html	Notícia que se refere ao aproveitamento de água pluvial na Austrália.
Wikipédia, the free encyclopedia	http://en.Wikipédia.org/wiki/Rainwater_harvesting	Contém uma lista de sítios na Internet relacionados com o tema. É possível retirar alguma informação sobre o Palácio Knossos.

Anexo C- Apresentação das folhas de cálculo do simulador

Folha ("Pagina de Rosto")

Figura C.1- Folha de cálculo da página de rosto

Folha (“Instrucoes”)

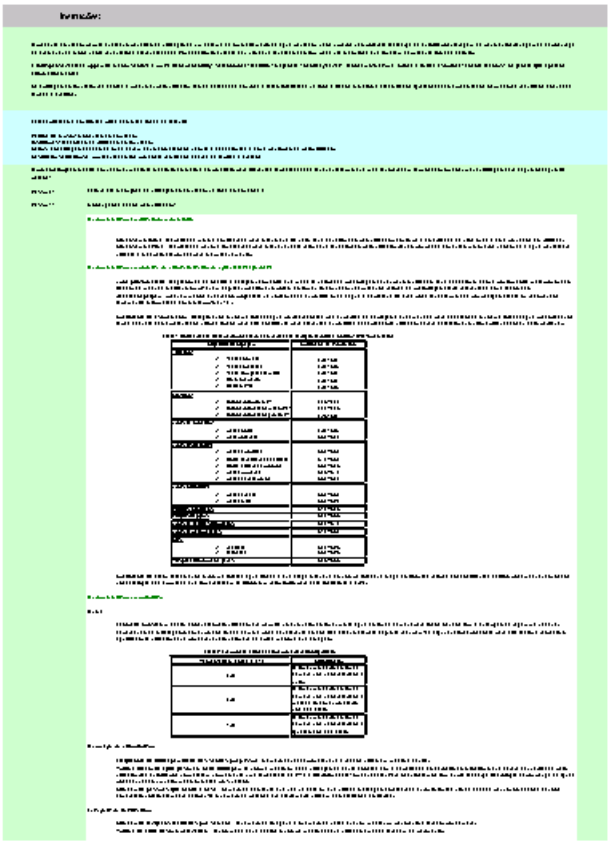


Figura C.2- Folha de cálculo das instruções (Imagem 1)

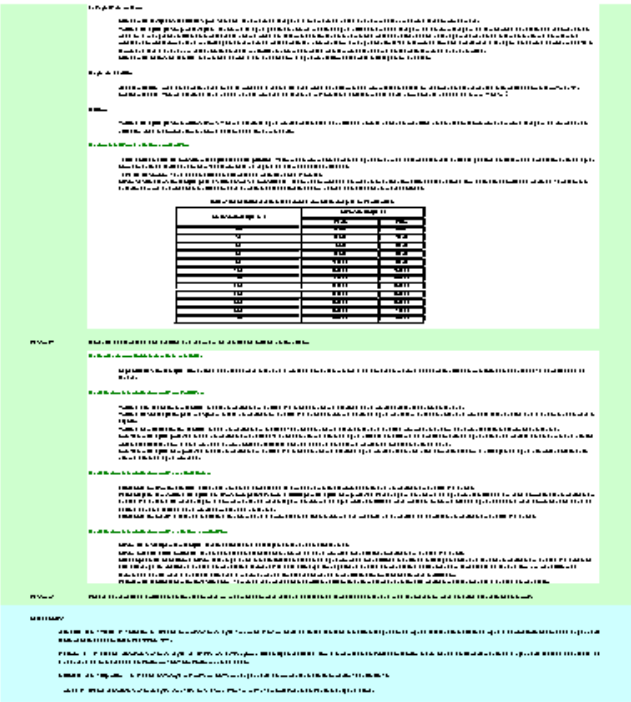
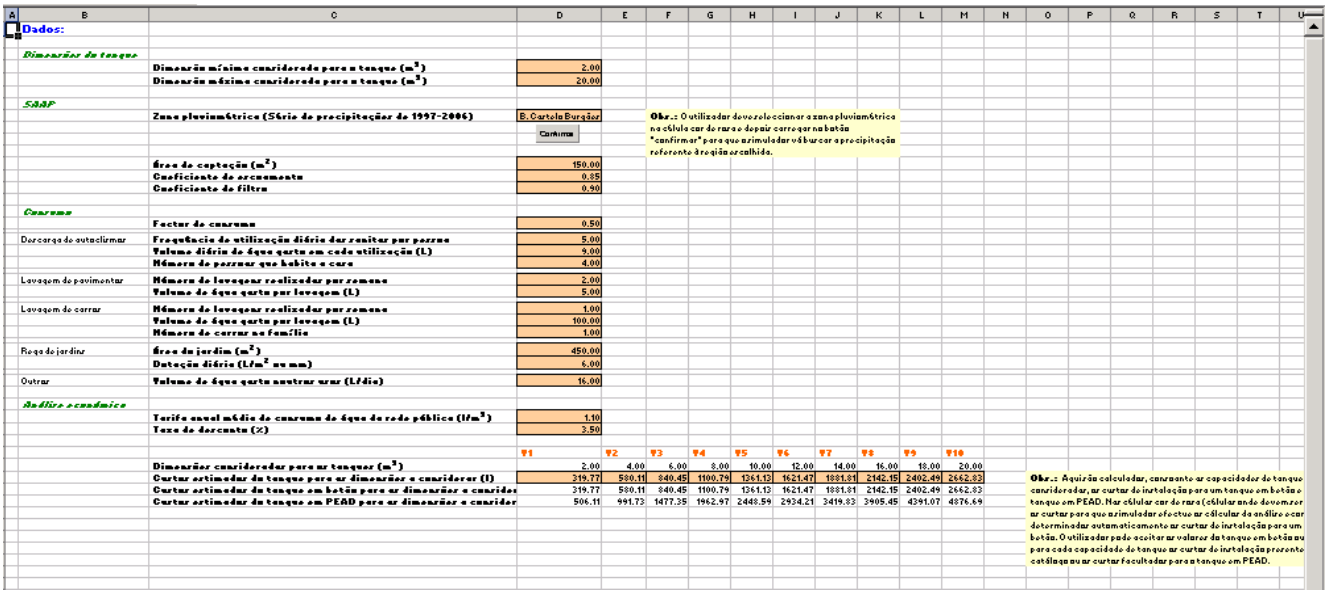


Figura C.3- Folha de cálculo das instruções (Imagem 2)

Folha ("Dados")



	Dados:																					
	Dimensões do tanque																					
		Dimensão mínima considerada para o tanque (m^3)	2.00																			
		Dimensão máxima considerada para o tanque (m^3)	20.00																			
	SAAP																					
		Zona pluviométrica (Série de precipitações de 1997-2006)	B. Cartola Burgães																			
			Confirma																			
		área de captação (m^2)	150.00																			
		Coeficiente de escoamento	0.85																			
		Coeficiente de filtro	0.90																			
	Consumo																					
		Factor de consumo	0.50																			
	Descarga de autoclismos	**Frequência de utilização diária dos sanitas por pessoa**	5.00																			
		Volume diário de água gasta em cada utilização (L)	9.00																			
		Número de pessoas que habita a casa	4.00																			
	Lavagem de pavimentos	**Número de lavagens realizadas por semana**	2.00																			
		Volume de água gasta por lavagem (L)	5.00																			
	Lavagem de carros	**Número de lavagens realizadas por semana**	1.00																			
		Volume de água gasta por lavagem (L)	100.00																			
		Número de carros na família	1.00																			
	Rega do jardim	**área do jardim (m^2)**	450.00																			
		Dotação diária (L/m^2 ou mm)	6.00																			
	Outros	**Volume de água gasta noutros usos (L/dia)**	16.00																			
	Análise económica																					
		Tarifa anual média do consumo de água da rede pública (l/m^3)	1.10																			
		Taxa de desconto (%)	3.50																			
			Y1	**Y2**	**Y3**	**Y4**	**Y5**	**Y6**	**Y7**	**Y8**	**Y9**	**Y10**										
		Dimensões consideradas para os tanques (m^3)	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00										
		Custos estimados do tanque para as dimensões a considerar (l)	319.77	580.11	840.45	1100.79	1361.13	1621.47	1881.81	2142.15	2402.49	2662.83										
		Custos estimados do tanque em betão para as dimensões a considerar	319.77	580.11	840.45	1100.79	1361.13	1621.47	1881.81	2142.15	2402.49	2662.83										
		Custos estimados do tanque em PEAD para as dimensões a considerar	506.11	991.73	1477.35	1962.97	2448.59	2934.21	3419.83	3905.45	4391.07	4876.69										

Obs.: O utilizador deve seleccionar a zona pluviométrica na célula cor de rosa e depois carregar no botão "confirma" para que a simulador vá buscar a precipitação referente à região escolhida.

Obs.: Aqui são calculados, consoante as capacidades de tanque consideradas, os custos da instalação para um tanque em betão e tanque em PEAD. Nas células cor de rosa (células onde devem ser cortados para que a simulador efectue os cálculos da análise económica) determinados automaticamente os custos da instalação para um betão. O utilizador pode aceitar os valores do tanque em betão ou para cada capacidade de tanque os custos da instalação presentes catálogo ou os custos facultados para o tanque em PEAD.

Figura C.4- Folha de cálculo dos dados

Folha ("Resultados (graficos)")

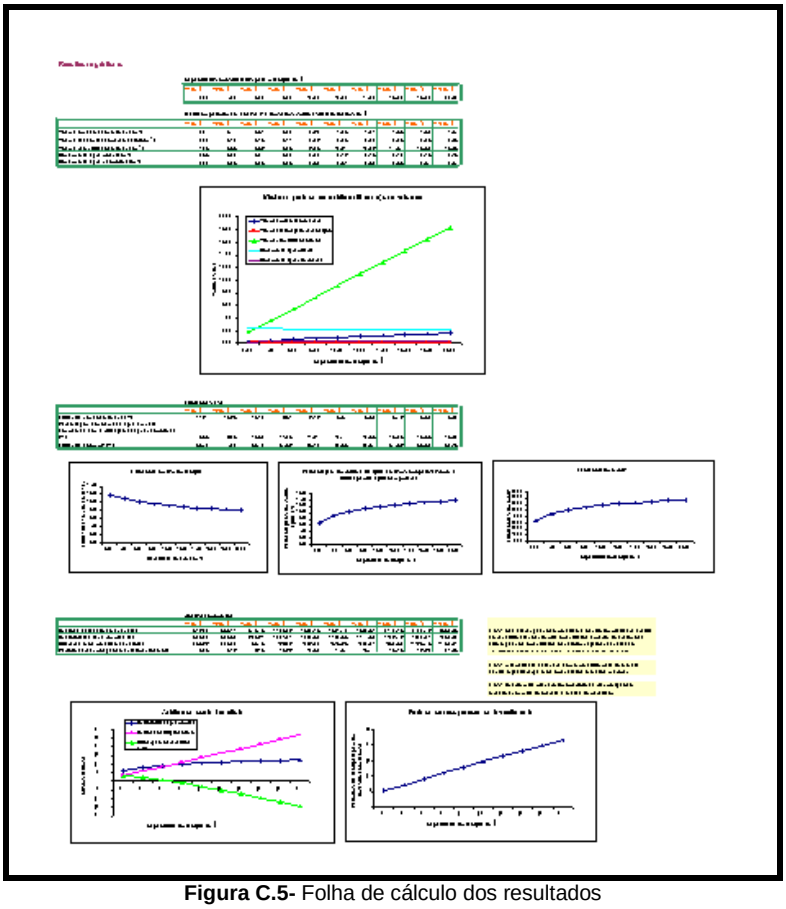


Figura C.5- Folha de cálculo dos resultados